Dr. Ernesto Caballero



EL MICROSCOPIO

64



MANUALES GALLACH PTAS 2



COMPAÑÍA ANÓNIMA DE LIBRERÍA, PUBLICACIONES Y EDICIONES



COMPAÑIA ANÓNIMA DE LIBRERÍA PUBLICACIONES Y EDICIONES

EL MICROSCOPIO



COMPAÑÍA ANÓNIMA DE
LIBRERÍA, PUBLICA-
CIONES Y EDI-
CIONES



MANUALES - GALLACH

LXIV

EL MICROSCOPIO

POR

Ernesto Caballero

"CALPE"
COMPAÑÍA ANÓNIMA DE LIBRERÍA, PUBLICACIONES Y EDICIONES
MADRID–BARCELONA–BUENOS AIRES

Imprenta Clarasó, Villarroel, 17.—Barcelona

ADVERTENCIA PRELIMINAR

Destinado este librito a iniciar a los principiantes en el estudio de la micrografía, se ha prescindido en él de toda exposición teórica que no sea absolutamente necesaria para darse razonada cuenta del empleo de los aparatos de que se supone puede disponer el lector.

Por igual motivo, en la parte consagrada a las aplicaciones, se pasan en silencio o se desfloran muy ligeramente cuestiones muy importantes que exigirían conocimientos profundos de otras ciencias, y se da más extensión a otros asuntos que, por sus atractivos y fácil técnica, allanen las primeras dificultades, dejando abierto el camino para emprender estudios más serios.

El capítulo destinado a la exposición de los conocimientos indispensables de la óptica geomé-

trica, consentirá que este compendio, aun formando parte de una serie de Manuales que se complementan recíprocamente, pueda ser leído con provecho y como unidad independiente, por las personas menos versadas en los conocimientos de aquella parte de la Física.

CAPÍTULO PRIMERO

NOCIONES DE ÓPTICA

El laboratorio

¿Tenéis una habitación con ventana al Mediodía, provista de contraventanas que permitan dejarla completamente a obscuras? Pues ya disponéis de un laboratorio, ni mejor ni peor que el que sirvió a Newton para hacer sus grandes descubrimientos en materia de óptica.

Si cuadrase que esta habitación fuera el comedor o la cocina, tanto mejor, porque evitaríamos los riesgos del transporte de nuestro material de experimentación, que se encuentra casi todo él en el aparador o en el vasar.

El material

Un espejito de mano; algunos vasos de vidrio; un prisma de cristal de los que adornan la araña de la sala; una lente de aumento que encontraréis en cualquier bazar por dos pesetas; algunos pedazos de cartón y una vela en su candelero. Con todo esto, un día de sol espléndido y un poco de esa habilidad que Franklin exige a todo buen experimentador para decidirse, cuando no hay otra cosa a mano, a hacer agujeros con una lima y a limar con una barrena, ya tenemos cuanto es necesario para entrar en funciones de sabio.

Propagación de la luz

Cerrad completamente todas las puertas y ventanas del *laboratorio;* esperad unos momentos a que la vista *se haga* a la obscuridad, y como son las diez de la mañana, acaban de hacer la limpieza, y en nuestro afán de comenzar cuanto antes los experimentos, no hemos tenido paciencia para esperar a que sentara el polvo, veréis que por todas las rendijas e intersticios de la ventana por donde

la luz se cuela, manifiesta su paso por la iluminación del polvillo flotante en el aire, y siempre en forma de ráfagas *rectilíneas,* jamás curvas ni angulares (fig. 1).



Fig. 1

¿Se puede pedir demostración *más visible* de que la luz se propaga en línea recta?

Conviene observar que estas ráfagas, *haces* o *rayos* de luz, no serían visibles si no hubiera polvillo flotante. En una atmósfera límpida nada delataría su paso. Es decir: que no es precisamente la luz lo que vemos, sino los cuerpos *golpeados* por estos manojos de latiguillos que hemos llamado *haces* luminosos.

Reflexión de la luz

Es muy posible que estos haces luminosos se dirijan hacia el techo o hacia el suelo, pues no

hay que pensar en que el carpintero que ajustó (?) la contraventana haya tenido la precaución de dejar faltas en la madera en los sitios que más nos hubiera convenido; y como no tenemos noticia de que ningún investigador haya hecho sus descubrimientos agazapado debajo de la mesa o encaramado en el vasar de la cocina, será muy conveniente obligar a estos señores rayos a pasar por lugar más adecuado. Pero como ya aprendimos que siempre van derechos, sin doblarse ni torcerse, resignémonos a dar por perdidos a estos extraviados y abramos paso a otros de los muchísimos que están pugnando por entrar, pero que son detenidos por la opacidad de la madera.

Aquí de nuestra barrena y nuestra lima empleadas *indistintamente* para hacer un agujero en la madera, en sitio tal, que los rayos que por allí entren caigan aproximadamente en el centro de la mesa.

Nuestra mesa está cubierta con un tapete obscuro. Gracias al polvillo luminoso, vemos bien que la luz *cae* sobre la mesa, que llega a iluminar el paño que la cubre, pero no vemos más. Esta luz se ha extinguido, se ha apagado al llegar a la superficie obscura. No tenemos que forzar mucho la lógica para deducir que *las superficies obscuras y mates absorben la luz.*

Limitemos un poco la anchura del haz luminoso cubriendo el agujero de la ventana con un cartón que tenga otra abertura más pequeña y recibamos este haz más estrecho, no sobre el tapete, sino sobre un espejo colocado horizontalmente sobre la mesa.

Como antes, los rayos caen sobre la mesa, pero en lugar de la superficie mate y obscura del tapete, encuentran la pulimentada, brillante y clara del espejo, y, lejos de ser absorbidos, son rechazados con fuerza, y de igual modo que la bola de billar, al chocar contra la banda elástica de la mesa, es rechazada y va a golpear la banda inmediata o la opuesta, así nuestros rayos, rebotando en el espejo, van a golpear contra las paredes o el techo, y allí marcan su presencia por un círculo luminoso y brillante (fig. 2).

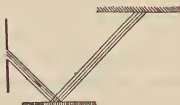


Fig. 2

Tal es el fenómeno de la *reflexión*.

Ya hemos quebrado los *inflexibles* rayos. Rudo

golpe a nuestra primera afirmación sobre su rigidez y enseñanza que no debemos olvidar para ser en lo sucesivo un poco más cautos en deducir rotundas afirmaciones.

Y estos rayos que se reflejan *¿cuánto* se reflejan?

Ampliemos nuestro arsenal de experimentación. Recortemos un redondel de cartón y cubrámoslo de papel negro. Con tiza blanca, tracemos en el mismo dos diámetros perpendiculares, y dividamos cada uno de los cuatro cuadrantes que resultan en partes iguales.

Coincidiendo con uno de los diámetros, pongamos el borde de un espejito procurando que se presente bien perpendicular al plano del círculo y fijémoslo en tal posición con lacre y unas pequeñas palomillas cortadas en un tapón de corcho (fig. 3).

Si ahora recibimos sobre el espejo un rayo luminoso que caiga sobre *o,* sea cualquiera la inclinación que traigan, *siempre* resultará: que el ángulo *i* que llamamos *de incidencia será igual* al *r, de reflexión;* que *estos ángulos están en el mismo plano; y que este plano* (como que es el mismo del cartón) *es perpendicular al plano del espejo.*

¿Y si el rayo cae en la misma dirección de *mo?* Pues como coincide con la normal y el ángulo de incidencia es nulo, nulo será también el de refle-

xión, y el rayo, después de reflejado, volverá por el mismo camino.

Dejando las cosas como están, pongamos sobre el espejo una cartulina blanca, cuya superficie, por

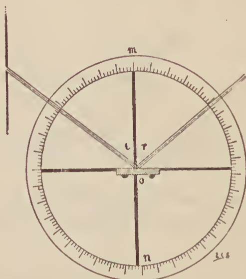


Fig. 3

muy lisa que a simple vista nos parezca, no tiene sus puntos regularmente orientados con respecto al haz incidente; no es, en fin, un espejo, sino que es un plano mate y claro y... claro está que cada punto rechazará su correspondiente rayo en distinta dirección y saldrán finalmente entrecruzándose, *difudiéndose,* como si la ley de la reflexión no se

cumpliera para el conjunto y obteniéndose como resultado final una reflexión difusa, *una difusión* (fig. 4).

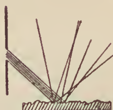


Fig. 4

Bastantes beneficios nos ha prestado ya el espejo.

Seamos humanos; arrojemos el espejo y conservemos para nuestro uso las leyes... y el cartón.

REFRACCIÓN DE LA LUZ

Unos momentos de descanso para reflexionar sobre... la reflexión, y recuperar fuerzas, consumiendo algunos de estos tentadores racimos de uvas que hay en el frutero.

Para no perder tiempo, tomamos este piscolabis con las ventanas cerradas, y como, por casualidad, el rayo de luz que entra por el agujero cae sobre el agua turbia del lavafrutas, nos llama la aten-

ción el hecho de que este rayo no sigue la dirección invariable que traía caminando por el aire, sino que, al penetrar en el agua, se dobla, *se refracta* (otro golpe a la rigidez), y vemos bien que camina dentro del líquido (fig. 5), gracias a las

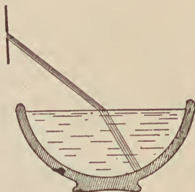


Fig. 5

partículas flotantes que quedaron en el agua al lavar las uvas; gracias a la oportunidad de la refacción que acabó en *refracción.*

Avezados ya a las lides experimentales, pronto se nos ocurrirá una combinación expedita para averiguar *cuánto* se dobla el haz, y con tal objeto podemos utilizar el mismo círculo dividido que nos sirvió para descubrir las leyes de la reflexión.

A fin de hacer las cosas más en grande, tomemos la mayor vasija de vidrio que hallemos a mano.

La cubierta de la quesera, llena de agua turbia.

Recibiendo el rayo luminoso sobre esta agua, introduzcamos a la vez el círculo de cartón negro

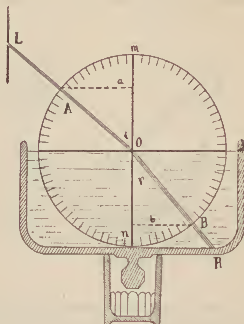


Fig. 6

de modo que: su plano sea perpendicular a la superficie del agua; su diámetro horizontal coincida con el nivel del líquido; su centro con el punto de incidencia del rayo; y que los rayos sean visibles en el aire y en el agua por delante del círculo (fig. 6).

Visibles los rayos *incidente* LO y *refractado* RO; visibles los diámetros y divisiones del círculo, podremos observar: que al pasar el rayo oblicuamente del aire al agua, *se acerca a la normal (mo)*; *que el ángulo de incidencia (i), el de refracción (r) y la normal, están en un mismo plano;* y que *este plano es perpendicular a la superficie de incidencia,* puesto que todo ello tiene lugar en el plano del cartón que ya colocamos en esas condiciones.

Ahora un poquito de atención.

Antes de sacar el cartón del agua, tomemos nota de los puntos A y B por donde pasan los rayos incidente y refractado, y, fuera ya el círculo, tracemos las perpendiculares a y b desde estos puntos al diámetro mn. Midamos el largo de a y supongamos que es 133 milímetros; midamos el de b y será de 100 milímetros. Diremos entonces que la relación de a a b es de $\frac{133}{100} = 1'33$.

Ahora bien. Este no es un número casual y caprichoso, sino que, sea cualquiera la inclinación con que el rayo que viene del aire caiga en el agua, a, podrá aumentar o disminuir, pero b lo hará también, y en tal proporción que *siempre se tendrá* $\frac{a}{b} = 1'33$.

Si el rayo entrara en el aceite de olivas, $\frac{a}{b}$ sería

igual a 1'47; si en el cristal, 1'57; si en el diamante 2'63; y en general se dirá que un medio es tanto más refringente cuanto mayor sea el número representado por esta relación, que los físicos llaman *índice de refracción.*

Análogamente a lo que pasa en la reflexión, cuando el rayo incidente cae normal sobre el agua



Fig. 6 bis

— cosa que podemos lograr doblándolo con un espejo (fig. 6 bis) —, penetra y camina por el líquido sin sufrir desviación y sin que por esto deje de cumplirse la ley de la relación constante $\frac{a}{b}$, bien que sería un poco aventurado pretender demostrarlo aquí, cosa que tampoco nos hace falta para llegar a entendernos.

Es evidente que lo que sucede con los rayos

que van del aire al agua, tendrá lugar, *al revés,* con los que fueren del agua al aire, y aplicando las reglas conocidas podríamos precisar su derrotero con toda exactitud.

Enviemos el cartón a hacer compañía al espejo, ya que ha quedado reducido a la categoría de simple papel mojado.

La dispersión

Hasta ahora nos hemos limitado a estudiar las variaciones de camino de un rayo que viene del aire y entra en el agua; pero no sería menos interesante averiguar lo que ocurre a la salida.

Para ello, y ante la dificultad de disponer de una masa de agua de forma adecuada, tomemos un pedazo de vidrio, que para el caso es lo mismo, pues siempre será un medio más refringente que el aire.

Si el pedazo de vidrio es tal como AB (fig. 7), con sus dos caras paralelas, es evidente que tanto como el rayo se acerque a la normal al entrar por O, se alejará al subir por E, y los rayos LO y ER serán paralelos y *casi* prolongación uno del otro si las caras del medio están muy próximas, que es lo que sucede con los vidrios ordinarios de nues-

tras ventanas, y por esta razón nos pasan inadvertidas las desviaciones que la luz experimenta al atravesarlos.

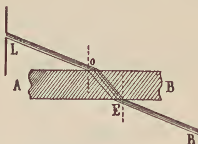


Fig. 7

Mas si las caras fuesen inclinadas (fig. 8), aplicando la misma regla, ya prevemos lo que ha de suceder; pues el rayo, al entrar en el medio más

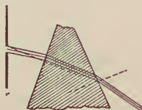


Fig. 8

refringente, se acercará a la normal en el punto de entrada, inclinándose hacia abajo; al salir, se alejará de la normal en el punto de salida, sufriendo una nueva desviación también hacia

abajo, emergiendo finalmente *inclinado hacia la parte más separada de las caras.*

Hay un modo fácil de confirmar esta previsión de la teoría, valiéndonos como medio refringente del prisma de araña que, desde el principio, forma parte de nuestro material de experimentación.

No tenemos más que interceptar con tal prisma el camino del haz luminoso estrecho que atraviesa

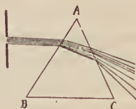


Fig. 9

por el cartón, y veremos (fig. 9) que nuestras previsiones han sido cumplidas... y aun colmadas, pues como si la naturaleza quisiera pagar con una orgía de luz el cariño que le mostramos interesándonos por sus secretos, hace que el rayo que entró blanco, después de hacer su inevitable y prevista genuflexión *hacia la base* (BC) *del prisma,* se *disperse,* al salir, en forma de espléndido abanico, en cuyo paisaje hubiera abandonado todos sus colores y matices la inimitable paleta de un brillante arco iris.

tras ventanas, y por esta razón nos pasan inadvertidas las desviaciones que la luz experimenta al atravesarlos.

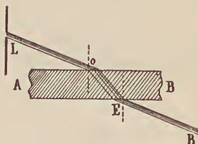


Fig. 7

Mas si las caras fuesen inclinadas (fig. 8), aplicando la misma regla, ya prevemos lo que ha de suceder; pues el rayo, al entrar en el medio más

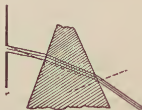


Fig. 8

refringente, se acercará a la normal en el punto de entrada, inclinándose hacia abajo; al salir, se alejará de la normal en el punto de salida, sufriendo una nueva desviación también hacia

abajo, emergiendo finalmente *inclinado hacia la parte más separada de las caras.*

Hay un modo fácil de confirmar esta previsión de la teoría, valiéndonos como medio refringente del prisma de araña que, desde el principio, forma parte de nuestro material de experimentación.

No tenemos más que interceptar con tal prisma el camino del haz luminoso estrecho que atraviesa

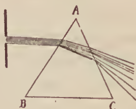


Fig. 9

por el cartón, y veremos (fig. 9) que nuestras previsiones han sido cumplidas... y aun colmadas, pues como si la naturaleza quisiera pagar con una orgía de luz el cariño que le mostramos interesándonos por sus secretos, hace que el rayo que entró blanco, después de hacer su inevitable y prevista genuflexión *hacia la base* (BC) *del prisma*, se *disperse*, al salir, en forma de espléndido abanico, en cuyo paisaje hubiera abandonado todos sus colores y matices la inimitable paleta de un brillante arco iris.

¿La explicación? Llamemos en nuestro auxilio... a los ángeles del cielo.

Suponed que, desde las regiones empíreas, bajasen siete angelitos a conocer lo bueno que hay por estas tierras. Suponed que entre esos siete seres celestiales los hay de todos tamaños, edades y categorías, y que, según su representación, cada uno trae sus alas pintadas de color distinto: siete colores que serán: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violado.

Como inexpertos *touristas* que caminan hacia lo desconocido, no quieren perder su unión, regulan su vuelo para marchar siempre juntos, y a fin de lograrlo, mientras que el angelote rojo bate sus alas lenta y majestuosamente, avanzando en cada aleteo muchos metros, el ángel verde se ve precisado a sostener un aleteo mucho más precipitado para no quedarse atrás, y no digamos nada del angelito violeta, que no habrá mosquito que lo iguale; y así, unos más, otros menos, cada uno agitará sus alas a compás distinto y lo justo para llevar todos la misma velocidad.

Esta mezcla y confusión de tantas alas de tantos colores herirá nuestra vista con superposición tan rápida de impresiones tan inseparables unas de otras, que afirmaremos ser un color único el que estamos viendo: armonía celeste; condensa-

ción de todos los colores y matices imaginables, nacidos en un rayo de sol, y conservando la blancura y brillantez de su origen... Pero, descendamos a la tierra y admitamos que, poco antes de caer en este valle, tropieza la ola angelical con una nube muy espesa y de caras no paralelas, que la coge de soslayo. Es claro que, como los querubes, serafines, etc., tenían regulados los movimientos de sus alas para caminar sin separarse por una vía llana y sin obstáculos, al tropezar con esta masa espesa con la cual no contaban, encontrarán distinta resistencia, y los más pequeñitos, de rápido aleteo y minúsculo cuerpo, faltos de fuerzas para vencer la resistencia que les opone el medio viscoso, pliegan sus alas, amortiguan su velocidad y salen de la nube como *ángeles un poco caídos;* mientras los grandes, según su mayor grado de vigor, arrostrarán más inflexibles el contratiempo, y así, después de este mal paso, la unidad se habrá perdido, saldrán dispersos y separados y mostrando cada uno con completa independencia el color de sus alas, que antes no era posible distinguir en aquel revoloteo del conjunto.

Los haces y rayos de luz de que venimos hablando, no son más que una cómoda representación gráfica para facilitar nuestras explicaciones. Realmente, cada haz debe considerarse como una

sucesión de elementos paralelos de ondas vibrantes (fig. 10), muy semejantes a las ondas que produce una piedra, al caer, en la superficie de un lago.

Para los rayos procedentes del sol, cada onda de luz blanca está formada por la superposición y mezcla de siete ondas de color distinto, y para que esta onda blanca no se desmenuce al progresar



Fig. 10

por un medio, será preciso que las más pequeñitas de sus componentes, las violetas, vibren más rápidamente que las más amplias, las rojas, y así, mientras éstas ejecutan tan sólo 480 billones de vibraciones por segundo, las violetas danzan a razón de 790 billones de saltitos en el mismo tiempo: una tarantela un poco agitada. Así marcharán por un camino libre de obstáculos; pero si tropiezan con un prisma, como el índice de refracción de cada onda es distinto, las más refringentes, las violetas, se desviarán más hacia la base, las rojas menos, las demás ocuparán posiciones intermedias, y al fin saldrán todas del prisma luciendo inde-

pendientes sus colores, que antes nuestra vista no podía distinguir separados, como no puede separar un torpe oído los armónicos de un acorde que percibiría bien distintos otro oído más sutil o mejor educado.

Nuestro oído es capaz de apreciar ocho octavas. Entre el sonido más grave posible, que ejecuta 32 vibraciones por segundo, y el más agudo, que llega a 34,000, encajan perfectamente ocho grupos, teniendo en cuenta que una nota de una octava ejecuta doble número de vibraciones que igual nota de la octava anterior.

La escala de vibraciones *visibles* es mucho más limitada. No alcanza siquiera una octava, pues empezando por 480 billones que hemos dicho que ejecuta la onda roja, debían extenderse hasta 960, y se ha visto que se detiene en 790, con la onda violeta.

Debemos sospechar que entre las vibraciones que nos vienen del sol habrá notas más bajas que el rojo y más altas que el violeta, no perceptibles para nuestra vista, pero de algún modo sensibles.

Las primeras, las sentimos en forma de calor y no las acusa el termómetro como formando parte de toda onda que del sol procede; y en cuanto a las segundas...

Puesto que vibran más rápidamente que las vio-

letas, deben refractarse con más fuerza y desviarse más hacia la base al descomponer la radiación por el prisma; y recibiendo en un cartón blanco el abanico cromático (fig. 11), confirmaremos, que además de la banda visible y coloreada que se llama *espectro luminoso,* debe *pintarse* en el cartón un

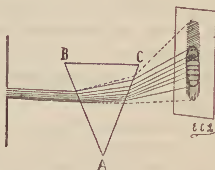


Fig. 11

espectro calorífico o infrarrojo, cuya presencia podría demostrarse con un termómetro muy sensible; y otro espectro ultraviolado, que no impresiona a la vista ni al termómetro, pero que impresiona a la placa fotográfica; cosa que todos podemos comprobar, porque ¿quién no es un poco fotógrafo? El conjunto de estas radiaciones, formando un espectro invisible que penetra en parte en el visible por el extremo violeta, se ha llamado espectro químico; y más adelante apreciaremos la

importancia que tiene para el micrógrafo el haber hecho conocimiento con estos rayos.

Las lentes

Cortemos, en una masa de vidrio de forma esférica, un casquete tal como A (fig. 12). El pedazo de vidrio así separado constituye lo que se llama una lente *planoconvexa.* Si unimos dos casquetes por las caras planas, como en B, tendremos

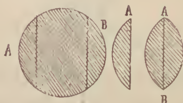


Fig. 12

una lente *biconvexa,* y se comprende que se pueden combinar lentes en hueco o *cóncavas,* con planas, con convexas y entre sí, resultando de este modo muy diversos tipos de lentes, unos más gruesos en los bordes, otros en el centro; pero nunca se considerará como lente en óptica un cuerpo diáfano que no tenga distinto espesor en los bordes que en el centro.

Consideremos la sección de una lente biconvexa que hubiéramos partido en dos mitades, y supongamos que *c* y *c'* (fig. 13) son los centros de la esfera de que proceden los dos casquetes. Trazando la recta que pasa por estos centros, a la cual llamaremos *eje principal,* quedará dividida la sección de la lente en dos partes iguales A*mn* y B*mn.*

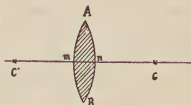


Fig. 13

¿Hay algo más parecido a dos *prismas ópticos* (como el de la araña), con las caras *un poco* encorvadas, que estas dos porciones de lente así consideradas?

Pero estos dos prismas tienen sus bases opuestas. Los rayos de luz que atraviesen el de arriba saldrán doblados hacia abajo; lo contrario ocurrirá con los que pasan por el prisma inferior; y haciendo las mismas consideraciones para todos los elementos prismáticos de que podemos suponer formada la lente, resultará, que todos los rayos después de refractados, propenden a reunirse, a

convergir, justificando la denominación de *convergentes* que suele darse a esta clase de combinaciones.

Hora es ya de que interroguemos sobre todo esto a nuestra lente de aumento que está esperando el momento decisivo de entrar en funciones.

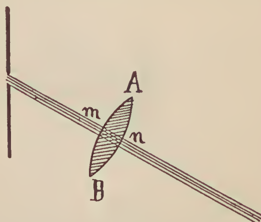


Fig. 14

Recibido el haz luminoso que penetra por la abertura estrecha, con tal inclinación que siga el mismo trayecto que el eje principal de la lente (fig. 14), viene a encontrarse este filete luminoso en el mismo caso que si atravesara *a la vez* por dos prismas idénticos y en posición opuesta, cuyos efectos se destruirán recíprocamente, y *el rayo luminoso que coincida con el eje principal atravesará la lente sin sufrir desviación.*

Lo propio ocurrirá en todo otro rayo tal comò LR (fig. 15), incidente en la parte superior A de la lente con tal inclinación, que se vea precisado a salir por la parte inferior B, pues por ser los elementos prismáticos idénticos y opuestos, se hallará en el mismo caso que si atravesara un medio

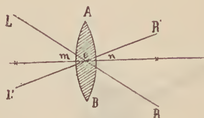


Fig. 15

de caras planas y paralelas, y ya hemos visto que si el medio tiene poco espesor la desviación no es apreciable.

A las rectas que llevan esta dirección se las llama *ejes secundarios,* y al punto interior, *o,* de la lente, donde todas se cruzan, *centro óptico.*

Así podremos decir que en estos medios: *los rayos que traen la dirección de un eje secundario atraviesan la lente sin sufrir desviación.*

Ya empieza a ser fatigante el trabajar a la tenue luz de un haz tan estrecho. Hagamos del cartón una criba para consentir el paso de numerosos

manojos de rayos paralelos, y dispongamos la lente de manera que caigan todos en la dirección del eje principal (fig. 16). Recibiendo sobre un cartoncito los rayos refractados, si éste se halla en punto conveniente, en F, percibiremos allí un circulito blanco, brillante y hasta quemante; una *imagen*

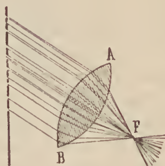


Fig. 16

real del sol, formada por todos los rayos que cayeron sobre la lente, y que *siendo paralelos al eje principal* se concentran y *coinciden en un punto que se llama foco real principal.*

Es evidente que, si los rayos partieran de F, saldrían paralelos después de refractados.

La Naturaleza se nos viene mostrando pródiga y fácil en exhibir sus leyes; pero otras leyes no menos inmutables se han cumplido fuera del mundo de nuestro laboratorio. La tierra, muy poco

preocupada del enojo que nos va a causar, ha proseguido su revolución cotidiana, y ya no presenta su cara al sol como a la hora en que comenzamos nuestros experimentos. Los rayos del sol poniente pasan rozando por los bordes del agujero, pero ya no entran. Es una mala pasada.

Por dicha, experimentadores rabiosos, no nos ahogamos en poca... luz, y aquí está nuestro humilde candelero ansiando el honor de substituir por unos momentos con su emisión triste y mortecina a los juguetones y brillantes rayos del sol.

Libres los rayos que parten de la llama, del encauzamiento a que nuestro agujero de la pantalla de cartón sometía a los procedentes del sol, se lanzan en todas direcciones como infinitos proyectiles de trayectoria rectilínea, y recogidos sobre la lente colocada a regular distancia del foco (fig. 17), siempre habrá entre los infinitos rayos que de L parten, uno tal como LA paralelo al eje principal, y que, por serlo, pasará por F, y otro que lleva la dirección LO del eje secundario y que continuará caminando sin desviación. Resultado: que estos rayos se encontrarán en L', y puesto allí un cartoncito percibiremos un punto brillante producido por los rayos que llegan a la lente al incidir en estas condiciones, punto que llamaremos *foco conjugado* del punto L, porque es eviden-

te que si los rayos partiesen de L', por efecto recíproco, se encontrarían en L.

Aplicando a los diversos puntos de la llama de la vela y del candelero, igual razonamiento, y con

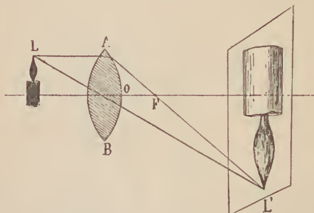


Fig. 17

firmando nuestras conclusiones por la experimentación, comprobaremos en L' la existencia de una *imagen real e invertida* de todo el objeto luminoso.

Es ya de noche. Larga ha sido la jornada, pero fructífera.

El camino más penoso ya está recorrido. De aquí en adelante todo serán facilidades para inventar y aplicar el más maravilloso instrumento de la óptica.

CAPÍTULO II

EL MICROSCOPIO SIMPLE

Teoría óptica

La lente de aumento. — Lector: si no eres présbita ni miope; si tu vista está regularmente conformada, será preciso que, para leer sin molestia estos renglones, pongas el libro a unos 25 centímetros de tus ojos. Más lejos o más cerca, los caracteres de este tipo aparecerán confusos, borrosos y hasta totalmente ilegibles si se exageran la desviación o el acercamiento.

Esta distancia *óptima* que precisa haber entre la vista y un objeto para percibirlo con claridad y precisión, es conocida entre los físicos con el nombre de *distancia de la visión distinta.*

Mirando con un ojo la pluma de escribir puesta en su manecilla; alargando el brazo todo lo posi-

ble para presentarla algo alejada y acercándola después lentamente para que vaya ocupando las posiciones sucesivas AB, A'B', etc. (fig. 18), hasta llegarla a muy pocos milímetros del ojo, recibiremos la misma impresión que si la pluma fuera

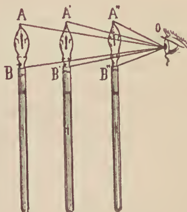


Fig. 18

aumentando de tamaño; nos parecerá tanto más grande cuanto más cerca la tenemos; pero el examen de la figura nos hace ver que la pluma no varía de tamaño y que lo que realmente aumenta es el ángulo que forman los dos rayos que van desde los extremos del objeto a la pupila, muy pequeño en A*o*B, cuando el objeto está lejos, y muy grande, en A"*o*B" cuando está cerca; luego juzgaremos de mayor magnitud los objetos cuando este ángulo, llamado *ángulo visual,* sea más grande.

Supongamos ahora que tuviésemos un objeto pequeño tal como AB (fig. 19). Si con la pretensión de verlo más agrandado lo acercamos mucho al ojo a fin de obtener un gran ángulo visual, producimos al mismo tiempo una dislocación de la visión normal sacándolo del campo de la visión distinta, y nos parecerá, sí, mucho más grande, pero como esfumado y muy confuso.



Fig. 19

Veamos lo que sucederá si en este momento, y sin percatarse de ello el ojo, una lente biconvexa,

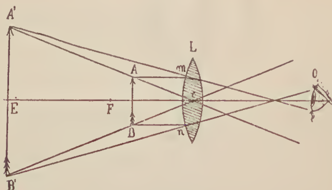


Fig. 20

tal como L (fig. 20), viene a colocarse en determinadas condiciones entre el ojo y el objeto: los rayos paralelos al eje que parten de A y B y que antes eran perdidos para el ojo, al llegar a la

lente se concentran en el foco, según ya sabemos, y el observador que los percibe desde *o* se encuentra en el mismo caso que si los recibiera de un objeto imaginario situado en A'B' cuyos extremos están determinados por el encuentro de los lados del nuevo ángulo visual *mon* con los ejes secundarios trazados por A y por B.

Este objeto imaginario, esta *imagen virtual,* tiene para nosotros dos ventajas sobre el objeto real: Se nos presenta bajo un ángulo visual mayor, y, por lo tanto, nos lo presenta agrandado, y se halla más lejos que el objeto, precisamente a la distancia de la visión distinta, de donde, desquiciando lo natural, nosotros lo habíamos sacado. Tendremos, pues, una percepción nítida y clara del objeto agrandado.

Para que esta imagen visual se produzca, es preciso que el objeto esté entre la lente y el foco F, pues ya sabemos que si estuviera más lejos la imagen, aparecería por el otro lado de la lente, real e invertida. En cuanto a la adaptación de la imagen al punto conveniente de la visión distinta, la obtiene instintivamente el observador con pequeñas variaciones de distancia impresas a la lente.

Amplificación. — Volviendo a nuestra figura 20, vemos allí dos triángulos A'B'C y A'B'C, y sin saber tanta Geometría como un bachiller, a cual-

quiera se le alcanza que si en un triángulo de papel A'B'C (fig. 21) vamos cortando tiritas paralelas a la base, éstas serán tanto más cortas cuanto más cerca estén de C, lo cual quiere decir que sus longitudes son proporcionales a sus distancias de C, y que, por lo tanto, la tira A'B' será doble por la AB si la distancia DC es doble que la FC.

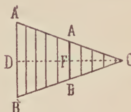


Fig. 21

Aplicando ahora este razonamiento a la figura 20, como siempre podremos medir la distancia del objeto a la lente FC y conocemos la de la visión distinta EC; en la misma relación en que se hallan estas dos cantidades se hallarán la magnitud lineal del objeto y la imagen. Si ésta fuera, por ejemplo, de 1 a 7, diríamos que la amplificación es de 7 diámetros.

Aberración de esfericidad. — Para aumentar con el auxilio de una lente el ángulo visual hay interés en construirla de muy corto foco, pues de este modo, a la más exagerada convergencia de los

rayos corresponde un ángulo visual mayor y una imagen más amplificada, como puede verse com-

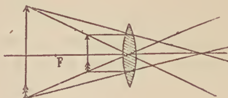


Fig. 22

parando el efecto de las lentes de las figuras 22 y 23 sobre un mismo objeto. Así llegamos de un sal-

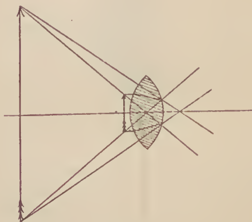


Fig. 23

to, y por procedimiento tan sencillo, a resolver el problema de las grandes ampliaciones, y el lector se ahorraría la molestia de seguir más adelante

porque ya habríamos descubierto lo más sencillo y cómodo que se puede discurrir en materia de microscopios. Por desgracia, al otro lado de esta montaña tan fácilmente franqueada hay un abismo que rodear, y algunos obstáculos tan insuperables, que acaso nos obliguen a volver al punto de partida.

Hemos visto simplificada y claramente explicada la función de las lentes biconvexas, considerándolas, en su sección, como formadas por dos pris-

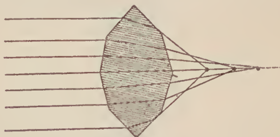


Fig. 24

mas pegados por la base, y nos aproximaremos más aún a la verdad, concibiéndolas como constituídas por un sistema de prismas cuyas caras fuesen tangentes a los diversos puntos de la lente (fig. 24), formando, por lo tanto, ángulos más obtusos cuanto más cerca del borde las consideramos.

Resultará como consecuencia, que los rayos incidentes paralelos al eje que van cerca de los bor-

des, se encuentran en muy distintas condiciones y como si atravesaran prismas de ángulo refringente más abierto que los que inciden por el centro, y lejos de concentrarse todos en un punto, como supusimos que ocurría, y como puede admitirse que es cierto en las lentes de muy poco espesor, por ser despreciable la diferencia de inclinación de sus elementos planos, se encuentran unos antes que otros; y en lugar de un punto luminoso único, tendremos un centro rodeado de una aureola decreciente, que influirá sobre la imagen final, deformándola, enturbiándola y haciendo imposible un estudio serio del objeto por tal imagen representado. Esta es la *aberración de esfericidad.*

Puédese corregir este defecto deteniendo los rayos marginales por medio de diafragmas o arandelas de metal que cubran los bordes y dejen sólo paso a los rayos del centro. Estos diafragmas que se encuentran en muchos instrumentos de óptica, proporcionan imágenes tanto más limpias y perfectas cuanto más pequeña sea su abertura; pero, abusando del diafragma, caeremos en el inconveniente de que, a causa de la poca luz que puede pasar por la abertura estrecha, la imagen resultará inobservable por su falta de claridad, y entonces, poco nos importará que sea perfecta.

También puede aminorarse y aun destruirse to-

talmente la aberración de esfericidad, haciendo uso de una serie de lentes de curvaturas calculadas para que, reaccionando unas contra otras, destruyan recíprocamente sus parciales aberraciones; pero esto está muy lejos de ser la lente gruesa y única, y bien justificado era el temor que sentimos de que, engolfándonos con nuestros rayos en tan espesa masa de vidrio, los obstáculos que encontraríamos nos obligarían a volver a nuestro punto de partida, renegando un poco de las excelencias de los procedimientos expeditos.

Aberración de refrangibilidad. — Como los objetos que observamos están generalmente iluminados con luz blanca, y las lentes se comportan

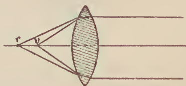


Fig. 25

en cierto modo como verdaderos prismas, ocurrirá que la luz, no sólo será por ellas refractada, sino descompuesta en sus colores elementales. Las ondas más refrangibles formarán un foco tal como *v* (fig. 25), producido por el encuentro de los rayos violados; las menos refrangibles, otro en *r*;

procedente de la superposición de los rayos rojos; los demás colores se encontrarán en posiciones intermedias, y examinando con esta lente un objeto cualquiera iluminado con luz blanca, lo veremos rodeado de una orla de colores del más pintoresco efecto, pero que va en perjuicio de la verdad y nitidez de la observación, encubriendo y confundiendo los detalles de forma y estructura que pretendemos descubrir.

Para comprender cómo se ha remediado este defecto, supongamos que, a través de un prisma como A (fig. 26), pasa un rayo de luz blanca y

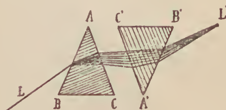


Fig. 26

que, descompuesta en sus siete colores, recogemos el haz dispersado en otro idéntico y de igual materia; pero colocado en sentido inverso. Este segundo prisma va a destruir el efecto del primero, y no sólo regenerará la luz blanca produciendo un foco L', como consecuencia de la superposición de los siete colores, sino que doblará hacia arriba el

haz primitivo tanto como el primer prisma lo dobló hacia abajo; de donde, destruída la dispersión, es cierto, pero anulada también la refracción, pues finalmente el rayo viene a encontrarse en el mismo caso que si hubiera atravesado el medio de caras planas y paralelas AB, A'B'.

Mas si después de atravesar la luz el primer prisma, recogemos el haz dispersado en otro invertido, pero de *menor ángulo refringente, mayor poder dispersivo e igual o menor poder refringente,* tal como A' (fig. 27), se comprende que pode-

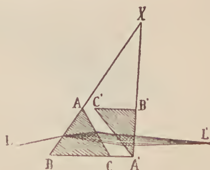


Fig. 27

mos llegar a reconcentrar, por el mayor efecto dispersor inverso de este segundo prisma, a pesar de su menor ángulo, todos los rayos coloreados dispersos, destruyendo así la coloración de la imagen, pero el efecto final de refracción será el de un

prisma XBA' que estuviese formado por la prolongación de las caras AB y A'B', pues en este caso no son paralelas. Habremos, pues, compensado la dispersión sin destruir la refracción, por medio de este sistema llamado *acromático*.

Sea ahora un sistema formado por la superposición de una lente biconvexa de vidrio con otra planocóncava de cristal (fig. 28), calculadas sus curvaturas y elegidos sus índices de modo que se compensen en la dispersión, pero no en la refracción. La identidad con el sistema de prismas acromáticos se hace patente considerando el actual como partido en dos porciones iguales, y de este modo se hace resaltar la semejanza de A*m*C y A'*n*C con los dos prismas opuestos.

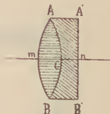


Fig. 28

Durante muchos años se fabricaron estas *lentes acromáticas* con dos clases de vidrio, llamados *flint* y *crown*, y se lograba por su combinación suprimir los colores rojo y azul, acromatización muy suficiente; pero la ciencia, insaciable, exige más, y hoy día las vidrierías de Jena proporcionan cristales y materias refringentes de la composición más diversa, que consienten combinar sistemas de un acromatismo, por decirlo así, casi absoluto.

Disposiciones mecánicas

Lentes de mano. — La lente única, tal como la venimos estudiando, sería de un uso muy molesto si no se la completase con una disposición mecánica, con una montura, que facilitara su manejo.



Fig. 29

La más sencilla de estas disposiciones se halla representada en la figura 29 y es conocida con el nombre de *lupa de bolsillo*. La lente montada en

un cerco de metal o de asta, se repliega para introducirse en un estuche protector, que le sirve de mango al propio tiempo. Es muy usada por los botánicos y por lo regular proporciona aumentos de 6 a 10 diámetros.

La figura 30 representa una combinación más

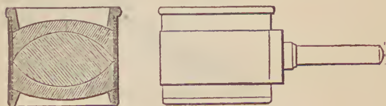


Fig. 30

perfecta. En la sección de la izquierda puede verse la combinación de los distintos vidrios que la forman para destruir las aberraciones y obtener una imagen sin distorsión ni color.

Este sistema se puede adoptar a un mango como



Fig. 31

indica la figura 31, y con las correcciones dichas y la adición de diafragmas, se llega a obtener

imágenes irreprochables veinte veces mayores que el objeto.

Lente con pie. — Cualesquiera de estos sistemas u otros análogos pueden adaptarse a un pie articu-

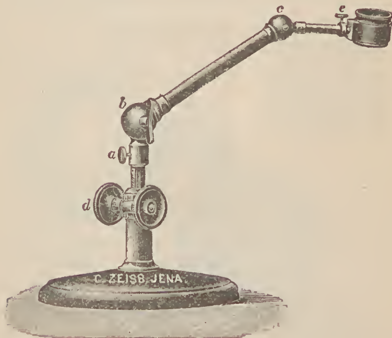


Fig. 32

lado y que consienta colocarla en la disposición conveniente, para observar con comodidad el objeto, dándole al propio tiempo gran estabilidad (fig. 32).

Microscopio simple. — Procurando reunir en un conjunto sencillo las disposiciones que permiten dar estabilidad al soporte, imprimir movimientos suaves a la lente para llevarla a la distancia conveniente del objeto, el cual, a su vez, se



Fig. 33

halla colocado en una meseta especial, llegaremos a la forma más usual y corriente de *microscopio simple,* representada en la figura 33. La meseta que sirve para sostener los objetos, se llama platina. Va provista de dos pinzas (barrilletes) elásticas para sujetar las placas de vidrio en que aquéllas suelen colocarse, y de una abertura en su centro para que puedan pasar los rayos de luz que

manda un espejito que hay en la base, para los casos en que sea necesario iluminar los objetos por transparencia.

Microscopio de disección. — El soporte anterior puede ser completado y perfeccionado con la adi-

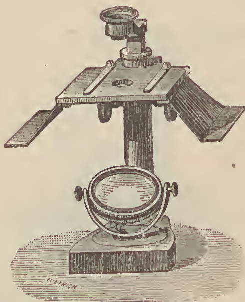


Fig. 34

ción de una cremallera accionada por botones laterales, para lograr por medio mecánico y suave los movimientos verticales de la lente y de dos consolas (apoyamanos) sólidamente fijas a la platina, y que sirven, como su nombre indica, para dar fijeza a las manos cuando, armadas de instru-

mentos especiales, separan, *disecan,* las diversas partes de los cuerpos sometidos a estudio (fig. 34).

Se comprende bien que un mismo soporte puede servir para colocar lentes de diferentes aumentos; pero con la lente única o sistemas corregidos equivalentes a una lente única, que son los que hasta ahora conocemos, se debe ser parco en el uso del aumento, tanto porque las aberraciones son mayores y más difíciles de corregir en las lentes de corto foco, como porque la necesidad de colocar el objeto entre el foco y la lente nos obligaría a ponerlo tan próximo, para los grandes aumentos, que no quedaría espacio para manejarlo, entre la lente y la platina. Este inconveniente limita mucho los usos del microscopio simple, y sólo encontraremos la solución en otra combinación óptica, un poco más complicada, que estudiaremos en el capítulo inmediato.

CAPÍTULO III

EL MICROSCOPIO COMPUESTO

Teoría óptica

¿Cómo es posible, se dirá el lector, que hayamos hecho un capítulo entero sin utilizar nuestro famoso laboratorio con todos sus enseres culinarios? Verdaderamente estamos abusando un poco de la teoría, para exponer unos hechos tan hijos de la experiencia, y está bien justificada la extrañeza del lector.

La habitación a obscuras; la vela encendida; la eterna lente de aumento sostenida por una botella; la inevitable pantalla de cartón, fija en el cuello de otra botella... y a observar y a experimentar (fig. 35).

Aproximemos la vela a la lente, teniéndola, sin embargo, siempre más lejos que el foco principal,

y veremos dibujarse en la pantalla, que supongo colocada a bastante distancia, una *imagen real invertida y amplificada* de la llama de la bujía. Esta imagen puede llegar a tener una magnitud extraordinaria, y si seguimos aproximando la lla-

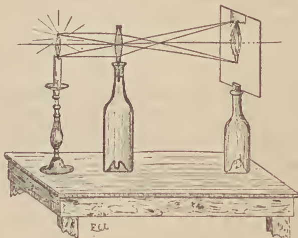


Fig. 35

ma a la lente, podemos prescindir de la pantalla y llegar a proyectar en la pared de enfrente una gigantesca imagen de un metro o más de longitud.

Notad de paso, que cuanto mayor sea la imagen que obtengamos, menos iluminada nos parece, y así debe ser, porque es la misma luz la que se reparte en una superficie cada vez mayor.

Pero para ver la imagen de una llama deformada por las aberraciones de la lente, y más confusa

por la propia llama, no necesitábamos haber perdido nuestro tiempo en discurrir tan ingenioso (?) experimento. Es cierto: pero si la llama fuera tan pequeñita que no pudiésemos verla a simple vista y la lente bastante perfecta para ampliar su imagen sin deformarla, tendríamos en la pantalla una cosa ya bien visible y bastante grandecita, y aún podemos obtener un aumento de este aumento, observando la imagen proyectada en la pantalla con otra nueva lente que ahora entra en función como microscopio simple; y como nada impide que suprimamos este estorbo de pantalla, porque la imagen real se pinta en el espacio en el sitio que le corresponde, ninguna dificultad encontraremos para comprender la figura 36, que representa la marcha de los rayos luminosos y la formación de las imágenes en el *microscopio compuesto.*

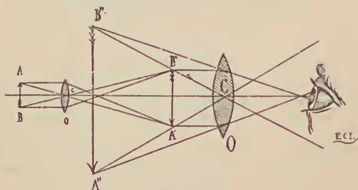


Fig. 36

El objeto muy pequeño AB, situado delante de la lente *o,* llamada por esta razón *objetivo,* muy próximo al foco, pero a mayor distancia, da una imagen real, invertida y amplificada, A'B'; esta imagen es observada con la lente O, a la que se aplica el ojo como si se operara con un microscopio simple (razón por la cual se la llama *ocular),* y obtendremos una imagen virtual, *nuevamente amplificada* y siempre invertida con relación al objeto.

Amplificación. — Por un razonamiento análogo al que hicimos para calcular la ampliación en el microscopio simple, podemos deducir la producida en un sistema determinado de dos lentes constituyendo microscopio compuesto.

La comparación de dos triángulos AB*c* y A'B'*c* nos dará el efecto de ampliación de la primera lente y la de las A'B'C y A"B"C el de la segunda, y el efecto final se obtendrá multiplicando estos dos números. Así, si la imagen A'B' es cuatro veces más alta que el objeto AB, y la imagen A"B" tres veces más alta que A'B', esta imagen final será $4 \times 3 = 12$ veces más alta que el objeto. Es decir, que con ampliaciones iniciales muy débiles, sin deformar la curvatura de las lentes, se puede llegar a aumentos finales muy considerables; y empezamos ya a tocar las ventajas de esta combinación sobre el microscopio simple.

Hay que tener en cuenta que el aumento no se produce sólo en el sentido de la longitud, como veníamos suponiendo, sino en toda la superficie; así, p. e., si el cuadradito negro A (fig. 37) lo viéramos *dos* veces más alto, también lo veríamos *dos* veces más ancho, y en resumen nos parecería



Fig. 37



Fig. 38

cuatro veces más grande su superficie, como nos parecería *nueve* veces más extenso para un aumento de *tres* diámetros (fig. 38); y finalmente, un aumento de 12 diámetros que hemos supuesto producía nuestro sistema, nos daría una imagen de superficie $12 \times 12 = 144$ veces mayor.

Se comprende bien que el aumento definitivo resulta de la acción combinada del objetivo y del ocular; que un mismo objetivo puede proporcionar muy diversos aumentos, combinándolo con diferentes oculares, y recíprocamente; y como cada microscopio suele ir provisto de muchas combinaciones, no se puede decir que un microscopio aumente tanto o cuanto, puesto que esta propie-

dad es peculiar de la combinación empleada, que puede cambiarse a voluntad.

Sin grandes dificultades se llega hoy a obtener aumentos de 1.600 y 2.000 diámetros, lo que supone una ampliación de 4.000.000 en superficie.

Pero una imagen 4.000.000 de veces más extensa que el objeto que la produjo, estará 4.000.000. de veces menos iluminada, y entonces ¿cómo haremos para verla con claridad?

Supongamos que con la tinta que yo gasto en escribir esta cuartilla quisiera escribir mil cuartillas iguales. Si no dispusiera de más tinta, me vería precisado a diluirla en agua, y el resultado sería obtener una escritura tan tenue y apagada que acaso fuera ilegible. Pero si en lugar de la tinta ordinaria dispusiera yo de una tinta *muy concentrada; muy negra;* aun perdiendo mucho con la disolución, podría lograr que el escrito final fuera descifrable.

Pues si logramos iluminar *muy fuertemente* un objeto muy pequeño, aun perdiendo mucho con la ampliación producida por el microscopio, puede proporcionarnos una imagen bastante iluminada para que sea descifrable y nos consienta leer en ella los secretos del objeto.

Este problema de la iluminación del objeto ha

sido muy estudiado y resuelto con bastante fortuna, según veremos más adelante.

El objetivo. — En la práctica no está constituído por una simple lente, sino de dos, tres y a veces cuatro, engastadas en una sólida armadura metálica y calculadas sus curvaturas e índices de refracción de manera que se destruyan en lo posible todas las aberraciones para obtener la imagen más perfecta posible. La óptica de precisión, auxiliada por los progresos de la mecánica y de la química, logra ya en este punto verdaderas maravillas que los fabricantes se hacen pagar a peso de... diamante.

Cuando se trata de grandes aumentos, hemos visto que hay gran interés en recibir mucha luz del objeto, y no basta para ello que esté muy iluminado, sino que es preciso que los rayos que de él parten penetren en el mayor número posible en el objetivo.

Para comprender el *tour de main* que han ideado los micrógrafos para captar algunos de estos rayos que se les escapaban, hay que saber que casi siempre se estudian los objetos microscópicos sumergidos en una especie de baño transparente, cerrado por una laminita de vidrio muy delgada *ab* (fig. 39).

Los rayos que, al salir de este estuche, tienen

que pasar por el aire antes de llegar al objetivo, se desvían de la normal, y gran parte de ellos se escapan sin entrar en la lente; pero si ponemos una gota de un líquido conveniente entre la lami-

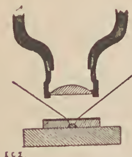


Fig. 39

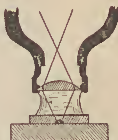


Fig. 40

nilla y el objetivo fig. 40), como a la salida del estuche ya no tienen que atravesar aire, sino una substancia de igual o mayor índice que el vidrio, lejos de desviarse, penetrarán íntegros en la lente y contribuirán a la mayor luminosidad de la imagen.

Los objetivos construídos según estos principios se llaman *objetivos de inmersión,* para diferenciarlos de los otros, que se llaman *secos.*

El ocular. — Por razones análogas a las expuestas al tratar de los objetivos, los oculares suelen estar formados de dos lentes fijas entre sí a distancia invariable en el corto tubo que les sirve de

montura. Con esta combinación se logra más luminosidad, más *campo* o extensión de la porción visible y la corrección de las aberraciones que produciría en el segundo aumento una sola lente.

Disposiciones mecánicas

Como el microscopio compuesto proporciona aumentos muy superiores a los conseguidos con el microscopio simple, aquí, con más motivo que allá, hay que dotar el instrumento de condiciones de estabilidad y mecanismos bastante precisos en todos sus movimientos.

La figura 41 da idea de uno de los modelos más sencillos, pero muy suficiente para los trabajos de un principiante, y aun para un laboratorio cuando no se persiguen investigaciones muy delicadas. El objetivo y el ocular van fijos en los extremos de un tubo; los movimientos verticales del mismo necesarios para *enfocar* o hacer que el objetivo se coloque a la distancia conveniente del objeto para que se cumplan las condiciones determinadas por la teoría (véase fig. 36), se obtienen por medio de una cremallera y un botón; y la iluminación del objeto, por medio de un espejito, plano por una cara y cóncavo por la otra, que puede mandar un

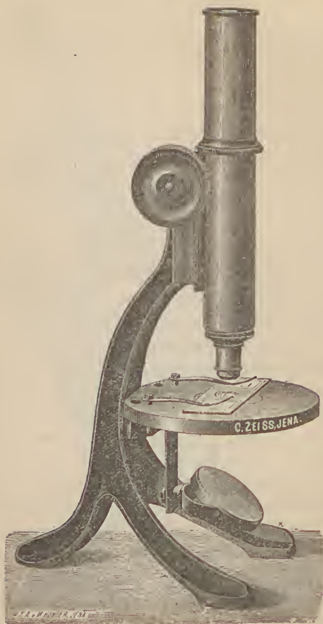


Fig. 41

haz luminoso al través de un agujero practicado en la platina, lo mismo que en el microscopio simple.

El ocular en éste y en todos los modelos se ajusta a simple enchufe en la parte superior del tubo y se puede substituir por otro en muy pocos segundos: el objetivo aquí, se ajusta a rosca y el cambio ya no es tan cómodo; pero puede substituirse la rosca por otros modos de ajuste más expeditos.

La figura 42 reproduce una de las monturas más perfectas, reuniendo todas las condiciones exigidas por los observadores más escrupulosos. —Además del movimiento rápido por cremallera, tiene uno muy lento por *tornillo micrométrico*, indispensable cuando se necesita afinar el enfocado en las observaciones delicadas. La cabeza de este tornillo, dividida en partes iguales, permite medir los avances del tubo por centésimas de milímetro. La observación puede hacerse teniendo el instrumento vertical, inclinado u horizontal. La platina tiene un mecanismo para imprimir suaves movimientos a la preparación y presentarla en las mejores condiciones para su examen. El cambio de oculares se hace como en todos los microscopios y el de objetivos por medio de un *revólver* que permite substituir uno a otro intantáneamente.

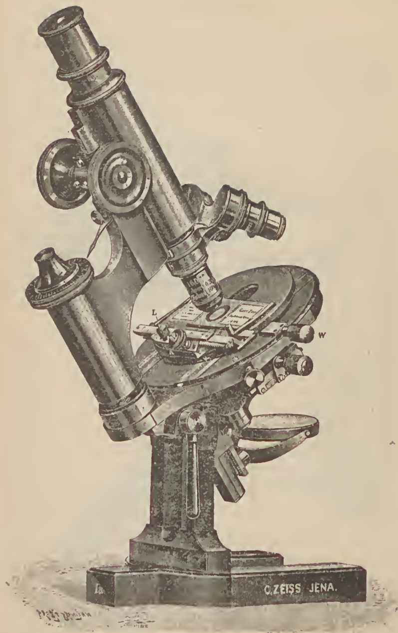


Fig. 42

En fin, se hallan previstas y resueltas todas las dificultades que el micrógrafo puede encontrar al trabajar con instrumentos más elementales.

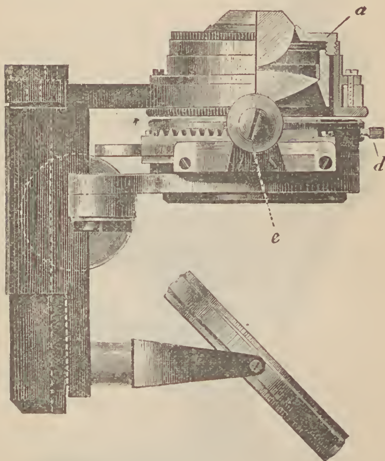


Fig. 43

La iluminación. — No han olvidado los constructores la gran conveniencia, que ya hemos hecho

resaltar, de iluminar fuertemente el objeto sometido a grandes aumentos, y considerando insuficiente la cantidad de luz concentrada por el espejo de la parte inferior, proveen los grandes modelos de un juego de lentes colocado en la parte inferior de la platina, dotado de mecanismos para descentrarlo, aproximarlo o alejarlo de la preparación (fig. 43), y de diafragmas para regular la luz que, recibida del espejo, *condensa* con viva intensidad sobre el punto de la preparación que conviene iluminar con fuerza.

CAPÍTULO IV

DE LAS OBSERVACIONES

Manejo del microscopio

Elección de instrumento. — El micrógrafo que se proponga hacer estudios serios, debe adquirir desde el principio una de las monturas más perfeccionadas, como la representada en la figura 42, y andando el tiempo, a medida que sus medios se lo consientan, o las necesidades de su trabajo lo exijan, la irá completando con los accesorios especiales y los objetivos y oculares de mayor precio.

Para los trabajos de un principiante y aun para ciertos estudios que no exijan gran precisión, es muy suficiente el microscopio representado en la figura 41, sobre todo si tiene movimiento lento por tornillo micrométrico y se halla provisto de

dos oculares y dos objetivos que consientan aumentos de 50 a 300 diámetros. Este será el instrumento, por decirlo así, de batalla, que auxiliado por una lente montada, o microscopio simple (fig. 33), debe usarse a diario para las observaciones rápidas, reservando el gran modelo para estudiar las preparaciones montadas y para la microfotografía.

Cualidades del objetivo. — El objetivo es la parte más importante del microscopio. Un mal objetivo daría imágenes defectuosas combinado con el mejor ocular en la más perfecta de las monturas.

El objetivo debe dar imágenes de contornos netos, bien definidas, presentando claramente todos sus detalles, tanto en el borde como en el centro. Este *poder*, llamado *de definición,* se logra con una buena corrección de las aberraciones esférica y cromática, obtenida por las combinaciones sabiamente estudiadas de las curvaturas y propiedades ópticas de las lentes que lo forman; pero además depende en gran parte de la cantidad de luz procedente de un punto del objeto que penetra en el objetivo y que se determina por el llamado *ángulo de abertura* (fig. 44), formado por los dos rayos extremos que emanan del objeto y utiliza el objetivo. Se comprende que para aumen-

tar este ángulo debemos aproximar todo lo posible la lente frontal del objetivo, al objeto, cosa que dificulta el manejo de los objetivos de gran aumento, aunque la dificultad sea salvada en parte con el empleo de los objetivos de inmersión. Este

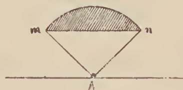


Fig. 44

ángulo de abertura debe aumentar en proporción de la amplificación inicial del objetivo, y sería absurdo construir objetivos débiles de gran abertura, porque se les haría dar detalles que el ojo no podría distinguir por lo aproximados que resultarían con aquel aumento.

El poder de definición de un objetivo se determina observando un objeto de estructura muy delicada, tal como las valvas silíceas de ciertas algas microscópicas llamadas diatomeas. A mayor abertura, corresponde para cada objetivo, la propiedad de presentar separadamente mayor número de rayas o estrías, que aparecen siempre en igual número y posición para cada especie. Entre las muchas especies conocidas, se ha elegido un

número limitado, unas fáciles y otras más difíciles de *resolver* en sus detalles, constituyendo lo que se llama una escala de *teste-objetos*. Esto proporciona un medio práctico de apreciar el *poder de resolución* del objetivo, que es la consecuencia más importante de su ángulo de abertura.

Para ciertos estudios, principalmente los histológicos, se prefieren objetivos de escasa abertura, pero que a la ventaja de consentir mayor separación entre el objeto y la lente frontal (mayor *distancia frontal)*, reunen la de presentar en la imagen varios planos del objeto, y aunque desde el punto de vista teórico sean inferiores, permiten con una sola mirada hacerse cargo de la estructura interior del corte observado.

La instalación. — Una grande y sólida mesa de madera cuyo tablero, bien liso, debe estar pintado de negro mate. La altura de la mesa debe ser tal que el operador pueda trabajar a voluntad de pie o sentado en un taburete alto y con los pies apoyados en un travesaño. Se hallará provista de gavetas laterales que sirven para tener a mano los accesorios del trabajo habitual.

El alumbrado. — La mesa de trabajo debe hallarse situada frente a una gran ventana orientada, a ser posible, hacia el Norte, y provista en otro caso de cortinas que permitan moderar y graduar

la luz. Esta gran luz del día es excelente para todos los trabajos y manipulaciones; mas para el estudio de las preparaciones montadas son preferibles las luces artificiales, y a todas ellas la lámpara eléctrica de incandescencia montada en un soporte flexible que consienta colocarla con facilidad a la altura y distancia convenientes del espejito del microscopio.

En casos excepcionales, y principalmente en las aplicaciones del microscopio a la fotografía, se emplean los mecheros incandescentes de Aüer de gas o de alcohol, la luz eléctrica de arco voltaico y aun la luz solar, focos que jamás conviene utilizar en las observaciones directas.

La micrometría. — Interesa mucho al micrógrafo conocer la magnitud del objeto que observa, y entre los varios procedimientos que a tal fin pueden conducir, aquí sólo haremos mención de uno de los más sencillos.

Utilízase para ello un accesorio que suele acompañar a los buenos modelos de microscopios o puede adquirirse independientemente, llamado *micrómetro objetivo* y que no es más que una plaquita de vidrio en la cual, por procedimientos fotográficos, se ha impreso la imagen de un metro dividido en centímetros, pero tomada a conveniente distancia, para que en la plaquita de que habla-

mos resulte mil veces más pequeña, y así, el metro primitivo, vendrá en la fotografía a tomar la magnitud de un milímetro dividido en cien partes. Es evidente que, examinando este milímetro al microscopio, nos parecerán sus cien divisiones tanto más distanciadas cuanto mayor sea el aumento empleado; y veamos ahora cómo, a favor de este accesorio, se puede medir el tamaño de un objeto y deducir la amplificación obtenida.

Puesto el objeto en la platina del microscopio, observemos su imagen con el ojo izquierdo. La imagen se nos presentará a la distancia de la visión distinta, o sea a unos 25 centímetros, donde supongo que hemos puesto un papel blanco. Sin dejar de percibir la imagen en el ojo izquierdo, miremos al papel blanco con el derecho, y nos parecerá como que la imagen está estampada en este papel. Se toma en este papel, con un compás, la longitud de la imagen; se substituye el objeto que estaba en la platina por el *micrómetro objetivo,* y sin variar nada las cosas se ve cuántas divisiones de la imagen del micrómetro proyectada ahora en el papel, abarca el compás. Supongamos que son 7. El objeto tendrá 7 centésimas de milímetro de largo.

Llevemos ahora el compás sobre un metro dividido en milímetros. Supongamos que la abertura

del compás abarca 7 centímetros: cada centésima de milímetro nos aparece, pues, como un centímetro. El aumento es, por lo tanto, de mil diámetros.

Conservación del microscopio. — Se procurará tenerlo siempre al abrigo de la humedad y del polvo cubriéndolo con un fanal: de tiempo en tiempo se limpiará el tubo y partes mecánicas accesibles con un trapito suave empapado en bencina, jamás en alcohol, que disolvería los barnices.

Las lentes se limpiarán con un pincel fino lavado en bencina y seco, y nunca se desarmarán para limparlos interiormente los fuertes objetivos, porque una leve variación en el nuevo ajuste de sus piezas podría hacerles perder sus mejores cualidades.

La higiene del micrógrafo. — No tiene fundamento la creencia vulgar de que el uso del microscopio daña a la vista. Leuwenhoeck trabajó hasta los noventa años con microscopios simples, toscos y fatigantes. Los microscopios actuales nos permiten regular a voluntad el alumbrado del campo y la magnitud de la imagen, y como ésta se presenta a la distancia de la visión distinta, no puede producir su observación más fatiga que la observación de un objeto ordinario de igual tamaño aparente.

Cierto que la necesidad de mirar con sólo un

ojo puede ocasionar cierta molestia; pero el micrógrafo debe acostumbrarse desde el principio a utilizar indistintamente cualquiera de los dos ojos y tener siempre ambos abiertos, prescindiendo de las imágenes percibidas por el que no se aplica al ocular; costumbre que se adquiere con bien pocos ensayos.

Bueno será atender a los siguientes consejos:

1.º No hacer observaciones microscópicas después de las comidas.

2.º Que el campo del microscopio esté dulcemente alumbrado.

3.º Suspender toda observación al menor asomo de fatiga.

Si a todo esto se añade la posibilidad de trabajar con el microscopio inclinado en todos los casos en que no sea indispensable la horizontalidad de la platina, como cuando se trata de cuerpos sumergidos en líquidos, tendremos evitada la congestión pasiva de la cabeza que puede producirse en las largas sesiones de trabajo con el microscopio vertical.

Las causas del error. — No terminaremos esta parte sin mencionar las causas principales que pueden inducir a error en la observación y contra las cuales debe hallarse prevenido el principiante.

Las moscas volantes son impurezas del crista-

lino del ojo, cuya sombra, proyectada sobre la retina, nos puede hacer creer que estos corpúsculos forman parte de la preparación observada; pero si se tiene en cuenta que son siempre los mismos y en la misma posición para cada ojo de un determinado individuo y que las vemos proyectarse idénticamente sobre toda clase de objetos observados, no habría ya modo de atribuirlos al objeto.

El movimiento Browniano es una especie de rápida oscilación, que presentan los corpúsculos suspendidos en un líquido y que puede observarse muy bien en el carmín desleído en el agua. Se atribuye al estado dinámico de las moléculas del líquido, y una vez visto y atentamente observado no puede confundirse de ninguna manera con los movimientos de los seres vivos.

PREPARACIONES PROVISIONALES

Los utensilios

Para estudiar con fruto los seres y objetos microscópicos hay que someterlos a operaciones especiales y montarlos sobre láminas de vidrio *ad hoc,* que cuando tienen el objeto ya dispuesto para

la observación, reciben el nombre de preparaciones microscópicas.

Las preparaciones se llaman extemporáneas cuando no están destinadas a conservarse y no duran más tiempo que el que dura la observación, y permanentes en el caso contrario. Unas y otras exigen el conocimiento de toda una técnica no exenta de complicaciones, sobre todo para las permanentes, que será objeto de un estudio más detenido en capítulo independiente.

El portaobjetos. — Es el primero y más indispensable de todos los útiles necesarios para una observación. Consiste en una lámina de cristal o vidrio delgado de buena calidad. La forma y di-

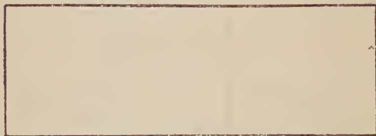


Fig. 45

mensiones generalmente adoptadas son las representadas por la figura 45. Los bordes deben ser redondeados, no sólo por lujo, sino para evitar las posibles cortaduras durante el manejo, y el

efecto perjudicial de las reflexiones interiores.

Sirve para colocar los objetos dispuestos para la observación, y abreviadamente se la llama lámina o simplemente *porta.*

He aquí un procedimiento muy sencillo para proporcionarse excelentes porta, útil tanto al principiante que debe agenciárselos por sí solo, como al micrógrafo que en un momento dado necesite un porta de dimensiones especiales. Se adquieren cerca de un fotógrafo, viejos clisés fotográficos hechos en placas *extradelgadas;* se lavan en agua acidulada con ácido clorhídrico, para desprender la capa de gelatina; se cortan en estas placas los porta de la forma deseada y se desgastan los bordes, frotándolos de canto sobre un papel de lija núm. 0, empapado en petróleo y puesto sobre una tabla dura y plana. Con un poco de habilidad se consiguen láminas muy aceptables.

El cubreobjetos. — Rara vez se examina un objeto en seco, sino dentro de un líquido, por razones que diremos más adelante. Tanto para que la gota de líquido se extienda con uniformidad sobre el porta, como para evitar la evaporación y el posible contacto del objetivo con el líquido, se cubre el objeto con una laminilla muy fina y transparente de vidrio, sumamente delgado, de una décima de milímetro y aun menos, de espesor.

Se hacen estas laminillas de muy diversas formas y tamaños (fig. 46). Las cuadradas de 18 a 20 milímetros de lado son convenientes para las observaciones de momento, mientras que las circulares de 12 a 18 milímetros se utilizarán en las preparaciones que hayan de conservarse.



Fig. 46

Por la misma razón que a los portaobjetos se les designa abreviadamente con el nombre de *porta*, a los cubreobjetos se les llama *cubre*, y otras veces *laminillas*.

Agujas, escalpelos, tijeras, pinzas. — Fuera de los casos del examen de seres verdaderamente microscópicos que apenas exigen preparación para ser colocados inmediatamente debajo del objetivo, hay casi siempre necesidad de separar de un cuerpo relativamente voluminoso, por ejemplo, una mosca, los órganos, los elementos constitutivos de tejidos, etc., que deseamos someter a estudio.

Se logra mecánicamente este resultado cortando o desgarrando las partes que deseamos aislar, auxiliándose, para mejor ver lo que se hace, de una lente montada o de un microscopio de disección, y empleando, según los casos, ya *agujas* de distinto grosor enmangadas en un palito o en un tapón de corcho, ya pequeños *escalpelos* de muy diversas formas, que se encuentran en todos los bazares de cirugía; otras veces finísimas *tijeras* como las llamadas de bordar, y finalmente *pinzas* de punta aguda y sin dientes para no magullar los delicados objetos que con ellas han de manejarse.

Todas estas operaciones se practican colocando el cuerpo en un porta sumergido en una gran gota de agua o de otro líquido conveniente, y cuando se trata de objetos de gran dimensión, dentro de un vasito aplanado y ancho que se pone en la platina del microscopio de disección.

Navajas, micrótomos. — En lugar de desgarrar y separar por disección los elementos figurados de los cuerpos, es en muchos casos necesario observarlos en su conjunto, conservando la posición y relaciones que ligan estas diversas partes, en la constitución de ser estudiado, y para ello se precisa obtener cortes finísimos, tan sutiles que se dejen fácilmente atravesar por la luz, y ejecutados con tal arte que el instrumento empleado no haya

producido dislaceración de los elementos que interesa conservar en la posición que naturalmente ocupaban.

Esto se logra sometiendo primero el cuerpo a procedimientos especiales, de que más adelante daremos una idea, para llevarlo al grado de dureza conveniente, si es blando, o para reblandecerlo si es duro, y empleando como instrumento cortante navajas de afeitar de la mejor calidad, repasadas y suavizadas con todo escrúpulo.

La operación se practica del modo siguiente: sujetando entre el pulgar y el índice de la mano izquierda el objeto que se desea estudiar, se dan con la mano derecha una serie de cortes, lo más delgados posible. Muchos saldrán inútiles, pero siempre habrá alguno aprovechable, y pronto se adquirirá la destreza necesaria para llegar a un buen resultado.

En todos los casos en que se practiquen cortes, la hoja de la navaja debe estar mojada con agua o alcohol, para que el corte flote en la capa líquida y pueda ser fácilmente separado del instrumento sin deformarlo, empleando para este uso finos pinceles de montura metálica.

Los objetos muy pequeños se embuten entre dos pedacitos de corcho fino o de médula de saúco que permiten cogerlos con comodidad, y dar segu-

ridad a la marcha de la navaja, siendo a veces conveniente sujetarlos con un *tornillito de mano* (1), de los que usan los relojeros, sin oprimirlos con fuerza ni estrujarlos.

Cuando se quieren obtener cortes de gran extensión y regularidad, se suple la torpeza de la mano por los instrumentos llamados *micrótomos.* Todos ellos se fundan en el mismo principio: embutir el objeto en una masa que dé cierta consistencia al conjunto, tal como la médula de saúco para los objetos húmedos, y la parafina para los desecables; colocar la masa así obtenida en un tubo que se hace avanzar lentísimamente por un medio mecánico, hasta asomar por la superficie lisa, dura y perfectamente plana de un platillo, por el cual se pasa rasando la hoja de la navaja.

Se emplean para el uso de estos instrumentos, navajas especiales que tienen plana y no ahuecada la cara que se desliza por el platillo, y en los modelos más perfectos, el movimiento de la navaja es también obtenido mecánicamente.

---

(1) No conozco palabra castellana para designar el vulgar instrumento que los franceses llaman *étau.*

Los reactivos

Por la simple división mecánica, por la más minuciosa disección o por el fraccionamiento en cortes muy tenues, no se llega siempre a tener los objetos en disposición de ser inmediaamente examinados al microscopio.

Por lo regular hay que someterlos, antes o después de la división, a la acción de ciertas substancias que modifican su dureza, que facilitan u operan por sí solas la separación en partes, que disuelven unas y dejan intactas las que nos conviene conocer, que colorean de diferente modo las partes cuyos detalles interesa hacer resaltar; en fin, que hacen variar las cualidades del objeto, ya destruyéndolo y poniendo en nuestras manos un medio de diferenciarlo de los que no son destruídos, ya haciéndole más fácilmente observable, sin alterar su estructura.

Las substancias que nos permiten llegar a estos resultados se llaman *reactivos*. Haremos de ellos una clasificación que no tiene nada de absoluta, atendiendo a su principal efecto sobre los cuerpos, y mencionaremos en cada grupo los más indispensables al micrógrafo principiante.

Reactivos indiferentes. — Ya hemos dicho que muy rara vez se examina un objeto microscópico, sin sumergirlo en un líquido que, expulsado el aire que pudiera albergarse entre sus elementos constitutivos, lo hace más permeable a la luz, permite extenderlo más regularmente sobre el porta, y facilita por esta acción puramente física y sin alterarlo en lo más mínimo, el reconocimiento que nos proponemos.

El líquido más comúnmente usado en este caso es el *agua destilada y filtrada,* que así debe ser siempre la que emplea el micrógrafo; pero hay que tener en cuenta que son muchos los cuerpos sobre los cuales el agua actúa con energía, ya disolviéndolos totalmente (sales, azúcares, etc.), ya desnaturalizando su estructura (glóbulos sanguíneos, granos de polen, etc.), por cuya razón no debe considerarse en absoluto como medio indiferente.

Pueden incluirse en este grupo, además del agua:

La glicerina. — Pura o mezclada con agua se emplea para esclarecer y hacer muy transparentes los tejidos animales y vegetales.

El suero artificial. — Se prepara disolviendo en 135 gramos de agua 15 de albúmina y 0'20 de cloruro sódico. Se emplea para el estudio de los

elementos anatómicos vivos sobre los cuales no ejerce acción sensible.

Los líquidos mencionados son empleados en las observaciones de pasada; pero para las preparaciones permanentes y como medios de inclusión y conservación de los objetos, se usan otras varias substancias que estudiaremos en el lugar oportuno y si aquí se mencionan es porque realmente pueden considerarse como reactivos indiferentes.

Reactivos disolventes. — Obran físicamente separando en estado de disolución ciertos principios esclareciendo la preparación y poniéndola en condiciones de dejarse penetrar por otros reactivos. *El alcohol, el éter, la bencina, la esencia de trementina* y *la de clavo,* como disolventes de las resinas y las grasas y como substituyentes del aire y del agua que impedirían la inclusión en medios no acuosos, son las substancias más comúnmente usadas con este objeto.

Reactivos alterantes. — Obran también como disolventes, pero atacando químicamente a la substancia que disuelven, y otras veces, haciéndola transparente y voluminosa, y dejando así casi aisladas y más visibles las partes no atacadas. Los *ácidos acético, nítrico* y *sulfúrico* diluídos *la potasa cáustica* disuelta en agua, *el amoníaco* y *el clorato potásico,* son los indispensables. En cada

caso particular, haremos mención de las aplicaciones de cada uno.

Reactivos endurecedores. — Sirven para endurecer los tejidos demasiado fofos, que no podrían sin esta operación dividirse en cortes delgados.

El alcohol de 90°.—Se suspenden dentro de este líquido, los cuerpos que se desean endurecer, cortados en pequeños pedazos, y al cabo de doce o veinticuatro horas, habrán adquirido consistencia suficiente para no huir ante el filo de la navaja.

El ácido crómico al 5 por 1000. — Se emplea y obra a la manera del alcohol, aunque más lentamente. Según su estado de dilución, este reactivo puede ejercer acción alterante, disolvente o ser indiferente. Sólo tiene aplicación en la histología animal.

Reactivos colorantes. — Sirven para poner en relieve ciertos detalles que, por su palidez, permanecerían invisibles, y como anegados en la trama de la preparación.

Se funda su empleo en la propiedad que tienen de fijarse ellos mismos, o determinar la producción de una coloración especial, independiente de la suya propia, sobre ciertos elementos, dejando incoloros otros, o coloreándolos diversamente en los casos de acción más compleja. Los más usados son:

Carmín. — Disolver 4 gramos de carmín en 8 de amoníaco líquido, y añadir a esta disolución 120 gramos de agua saturada de bórax.

Picrocarmín. — Disolver 2 gramos de carmín en 4 de amoníaco; al cabo de veinticuatro horas se añaden 200 gramos de disolución concentrada de ácido pícrico y unas gotas de ácido acético; después de otras veinticuatro horas, se filtra y añade amoníaco hasta que se ponga claro. Por cada gramo de esta disolución se añaden 99 de agua.

Colores de anilina. — Se utilizan la *nigrosina, fucsina, azafranina, verde de yodo, azul de metileno* y otros varios, en disolución acuosa o alcohólica, principalmente en los estudios bacteriológicos; pero las coloraciones obtenidas, por lo regular muy hermosas, son poco estables.

Yodo. — Disolver en 30 gramos de agua, 15 centigramos de yoduro potásico y 5 centigramos de yodo.

Cloruro de cinc yodado. — Se prepara disolviendo cinc en ácido clorhídrico; evaporando la disolución hasta consistencia de jarabe y añadiendo luego yoduro potásico hasta saturación, y yodo y agua hasta la dilución conveniente.

Todas las substancias mencionadas deben conservarse en frasquitos de tapón esmerilado y para usarlas se toma una gota con una varillita

de vidrio y se deposita sobre el objeto o corte puesto en un porta.

Cuando sea necesario emplear mayor cantidad de reactivo, o hacerlo actuar durante algún tiempo, se sumerge totalmente el cuerpo en el líquido puesto en un vidrio de reloj o en un platillito de los que usan los dibujantes para los colores a la aguada.

Al material de las varillitas de vidrio y platillos para el empleo de los reactivos, debe agregarse alguna pequeña pipeta, constituída por un tubo de vidrio afilado en punta, y una lámpara de alcohol.

PRÁCTICA DE UNA OBSERVACIÓN SENCILLA

Examen de una gota de agua. — Es creencia vulgar, desprovista de fundamento, que todas las aguas están pobladas de los más extraños y fantásticos seres microscópicos. Esto no es cierto para la mayoría de las aguas límpidas y transparentes, consideradas como potables, y aun en las aguas verdaderamente infeccionadas, pobladas de millares de microbios, no es siempre fácil patentizar su existencia por un simple examen microscópico.

Debemos tomar, para este primer ensayo, el agua de una charca, no en putrefacción, pero sí cubierta de vegetaciones verdosas y de color leonado; agitar un poco el agua y recoger de la superficie lo suficiente para llenar un frasquito o tubo llevado a prevención.

Una vez en el laboratorio, se deposita una gota de esta agua aspirada con una pipeta en un porta bien limpio, cubriéndola con una laminilla cuadrada, procurando que no aprisione burbujas de aire.

Puesta esta preparación extemporánea en la platina del microscopio provisto de una combinación de objetivo y ocular que produzca 100 a 150 diámetros de aumento; orientado convenientemente el espejo para iluminar con uniformidad el campo; iremos poco a poco haciendo descender el tubo, que supongo estaba bastante elevado al empezar, y empleando para ello el movimiento rápido de cremallera o deslizamiento que posea nuestro microscopio, y todo esto, sin dejar de mirar por el ocular, y llegará un momento en que veremos aparecer en el campo mil seres diversos de contornos vagos e indefinidos, pero ejecutando entonces un movimiento más suave de avance o retroceso del objetivo, valiéndonos del tornillo micrométrico, las formas se precisarán

mostrando ante la vista asombrada del observador uno de los espectáculos más emocionante:



Fig. 47

que la Naturaleza reserva a los amantes de sus secretos (fig. 47).

En un campo sembrado de variadas y encantadoras algas microscópicas, las doradas diatomeas de forma de navecilla, avanzarán por movi-

mientos rectilíneos, retrocediendo al tropezar con una gigantesca dismidia de brillante color de esmeralda; una ameba lanzando sus tentáculos informes se repliega de nuevo, transformándose a nuestra vista y mostrando medio digeridos en el interior de su sarcodo los corpúsculos que poco antes flotaban en el líquido; un grupo de elegantes vorticellas semeja un ramillete de flores vivas, y millares de extraños infusorios cruzan rápidamente por el campo o se albergan en las cavernas formadas por los residuos vegetales y detritus de toda especie, agitando en furioso torbellino sus pestañas bucales para absorber hacia sí los seres más indefensos que les sirven de alimento.

Esta primera escena del teatro de lo invisible no será acaso de gran instrucción, pero seguramente impresionará al iniciado, despertando en su espíritu deseos de profundizar los misterios de este interesante microcosmos.

CAPÍTULO V

TÉCNICA DE LAS PREPARACIONES PERMANENTES

Los utensilios

No es lo mismo improvisar una preparación para hacer una observación momentánea, que acondicionarla de manera que se conserve indefinidamente y pueda repetirse su examen en cualquier tiempo.

Reservadas las primeras de estas preparaciones para las observaciones de pasada de que nos hemos ocupado en el capítulo anterior, cuando no hay interés ni necesidad de conservar el objeto estudiado, el micrógrafo debe poner empeño en conocer las reglas y procedimientos que le permitan montar los objetos microscópicos en preparación definitiva, no sólo por evitarse el trabajo de

repetir las mismas manipulaciones cada vez que haya de efectuar una misma observación, sino por tener medio de conservar indefinidamente en preciosa colección, los miles de objetos raros y curiosos que una larga práctica puede haber hecho desfilar ante tu vista.

Además de todos los utensilios y reactivos que hemos utilizado para la observación en montaje provisional, es preciso disponer para las preparaciones permanentes de algunos otros que a continuación enumeramos y de una regular dosis de habilidad y paciencia que no le parecerán mal empleadas al micrógrafo de corazón, cuando vea coronados sus esfuerzos por el éxito.

El tornito. — Es uno de los instrumentos imprescindibles para dar el acabado, finura y elegancia a las preparaciones que se deseen presentar con cierto aspecto artístico.



Fig. 48

Consiste en un platillo circular (fig. 48) muy pesado, sustentado por un eje vertical y obligado

a girar sobre su centro cuando se le imprime un impulso con el dedo.

Por medio de dos láminas de resorte, se pueden sujetar contra la superficie de este platillo los portaobjetos bien centrados que, por exigencias de la preparación, hayan de llevar un estuche o celdilla hecha con un cemento especial, de la manera que a su tiempo veremos, o las preparaciones terminadas que deben filetearse con un mástic, para asegurar el cierre y adhesión del cubre al portaobjetos.

Los productos

Cementos. — Son las substancias que sirven para hacer la *celdilla* o filete circular abultado, en el centro del porta, que ha de albergar en su cavidad el objeto que se quiera conservar.

Hay centenares de recetas para todos los gustos de los tales cementos; pero creo que el micrógrafo que empieza y aun el profesional más exigente deben conformarse con poseer uno bueno, y la fórmula del que se da a continuación es excelente:

Cemento a la goma laca. — Se ponen en un frasco alcohol absoluto y goma laca rubia en escamas, en tal cantidad que se produzca una diso-

lución de consistencia de jarabe espeso. Al cabo de dos o tres días se decanta la parte menos turbia, del poso que queda en el fondo, y se le añade un 3 por 100 de aceite de ricino.

Se conserva en un botecito de hojalata de buen cierre, y si adquiriese demasiada consistencia se le devuelve la fluidez con adición de unas gotas de alcohol.

Permite hacer celdillas que se adhieren perfectamente al vidrio, se secan sin agrietarse, y resisten la acción de la mayoría de las substancias conservadoras.

Barnices de oclusión. — Sirven para hacer los filetes que, como hemos dicho, son en muchos casos necesarios para cerrar la preparación, y yo no encuentro nada mejor para este caso, que el mismo cemento o la goma laca mezclado con bermellón fino, que usado como diremos, da un filete de un bello rojo escarlata brillante, que se conserva sin la menor alteración.

Un filete negro muy hermoso se obtiene con el *barniz japonés negro brillante al alcohol* que se encuentra en el comercio; pero es recomendable dar este negro sobre otro filete hecho con el barniz anterior.

Medios de inclusión. — Son verdaderos reactivos indiferentes que, empapando el objeto y penetran-

do en todas sus cavidades, lo hacen más permeable a la luz que ha de recibir por la parte inferior.

Deben ser substancias incoloras, transparentes, inalterables por la acción del tiempo, de la luz y de los cambios de temperatura, sin acción química sobre el objeto y de índice de refracción diferente del objeto observado, que de otro modo no resultaría visible, como no lo es una gota de agua dentro de una masa de agua.

Los dividiremos en tres grandes grupos, y sólo mencionaré en cada uno los muy pocos que la práctica aconseja utilizar.

Medios acuosos. — Miscibles con el agua y alcohol se emplean para montar los cuerpos impregnados de estos líquidos, a los cuales expulsan por difusión, tales como las substancias vegetales frescas o los cortes de cualquier procedencia, conservados en alcohol.

Los mejores son:

La glicerina pura, que se emplea indistintamente para los cortes animales, o para los vegetales poco transparentes, como los de maderas; para las féculas, etc.

La jalea de gelatina. — Excelente medio para todos los tejidos vegetales que no exigen ser esclarecidos con fuerza. Su preparación es muy sencilla. Se toma una parte de la mejor gelatina y se la

pone a ablandar en seis partes de agua. Al cabo de veinticuatro horas se calienta el todo al baño de maría hasta disolución completa, y después se añaden siete partes de glicerina pura y un centésimo de ácido fénico. Se remueve para facilitar la mezcla y se conserva en frasquitos de boca ancha.

Medios oleosos y resinosos. — Al contrario que los acuosos, sirven estos medios para incluir los cuerpos secos o susceptibles de desecación, siendo necesario, si están húmedos, substituir el agua por otro líquido susceptible de disolver sin enturbiamento en el aceite o resina, según veremos en la técnica especial.

El aceite fino de relojeros. — Su uso es muy limitado, y sólo lo utilizaremos en los raros casos en que no fuese posible el empleo del

Bálsamo del Canadá. — Medio clásico y excelente, sobre todo si se prepara del siguiente modo: Se pone en un frasco de boca ancha una porción de bálsamo del Canadá del comercio, y se cubre con una hoja de papel de filtro, abandonándolo al sol, a una evaporación espontánea hasta que se haga tan espeso que no se vierta al voltear el frasco. Se disuelve esta masa espesa en *benzol;* se filtra la disolución y se evapora de nuevo al baño de maría, hasta la consistencia del aceite de oliva. Para conservar este medio se hace uso de frascos

de boca ancha y cierre de capuchón, como el representado en la figura 49, dentro del cual se deja una varillita de vidrio que sirve para tomar una porción de la substancia.

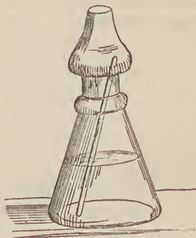


Fig. 49

Medios de alto índice. — La visibilidad de un objeto transparente depende de la diferencia que haya entre su índice de refracción y el del medio que lo envuelve; por eso en las preparaciones microscópicas de los objetos, cuyo índice se aproxime al del bálsamo, será conveniente substituir éste por otro que cumpla aquella condición.

El monobromuro de naftalina, líquido muy refringente y poco volátil, es el único de estos medios

que ofrece garantías de conservación. Introducido en la técnica por el Dr. Möller, para el montaje de las diatomeas, su uso casi está limitado a esta aplicación.

Montaje de los objetos

Confección de las celdillas. — El empleo de los medios líquidos exige siempre la confección de una celdilla que forma como la pared de un recipiente circular sumamente achatado, cuyo fondo es la misma lámina. Esta celdilla es también necesaria para el montaje de las preparaciones dichas en seco por no haber entre la lámina y el cubre más que aire, y hasta para las preparaciones en los bálsamos y en la gelatina, cuando el objeto es muy voluminoso y hubiera temor de aplastarlo al oprimir el cubre sobre el porta.

Para obtener una buena celdilla se emplea el *cemento a la goma laca,* operando del modo siguiente: Puesta en el tornito la lámina bien limpia y seca, se le imprime con el dedo índice de la mano izquierda un impulso rotativo no muy rápido, y cuando está girando se aproxima su pincel muy fino (núm. 0) de marta, mojado previamente en el cemento. El pincel debe llevar muy poco

líquido y ser sostenido casi vertical, con la mano derecha. Un filete de bordes muy netos debe producirse y se habrá tenido cuidado de que resulte con un diámetro un poco superior al de la laminilla que haya de emplearse. Se pasa rápidamente cemento hacia abajo y dándole algunas vueltas, sobre la llama de la lámpara de alcohol, hasta que se inicie la fusión de la goma laca, y vuelta al tornito se deposita sobre el primer filete medio seco, otro segundo y hasta un tercero, según el espesor que se quiera dar a la celdilla.

Deben tenerse preparadas de antemano celdillas de varios diámetros y espesores hechas de esta manera y abandonadas a una desecación espontánea, durante muchos días. Jamás se empleará celdilla que no esté completamente seca, y en caso necesario se acudirá a una estufa para acelerar la desecación.

Hay objetos muy voluminosos que exigen el empleo de celdillas muy abultadas. Las más recomendables son las hechas de estaño. En general, estos objetos son montados sobre fondo negro para ser vistos con poco aumento e iluminados por la parte superior. En este caso, se da primeramente sobre la lámina puesta en el tornito un fondo con barniz negro mate; después de bien seco se hace un filete a la laca del ancho y diámetro de la cel-

dilla o anillita de estaño que se coloca en seguida sobre este filete; se acelera la desecación pasando la lámina sobre la llama de una lámpara y finalmente se dan varias capas de laca hasta cubrir la celdilla de estaño, bien uniformemente.

Montaje en la jalea de gelatina. — La jalea de gelatina es seguramente el vehículo más cómodo, más seguro y rápido de emplear para el montaje de la mayoría de los objetos que se quieren conservar en colección.

He aquí el modo de operar: El objeto húmedo o extraído del líquido alcohólico o acuoso en que se conservara, se sumerge en una mezcla por partes iguales de agua, alcohol y glicerina; se coloca en el centro de la lámina y se abandona al abrigo del polvo a una evaporación espontánea del alcohol y el agua sin la aplicación del calor; cuando no quede más que la glicerina, se absorbe el exceso aproximando un pedacito de papel secante y en seguida se deposita sobre el objeto una gota de la jalea de gelatina previamente liquidada al baño de maría y tomada con una varillita de vidrio, habiendo tenido la precaución de calentar muy ligeramente la lámina porta-objeto, para evitar el enfriamiento brusco de la gelatina, que impediría su separcimiento rápido, uniforme y sin formación de burbujas, al poner encima el cubre-

objetos. Una vez hecho esto, se oprime ligeramente el cubre con una aguja montada para expulsar el exceso de gelatina; se deja enfriar completamente; se lava con un pincel algo duro mojado en agua; se seca con un trapito y se cierra con cemento de oclusión terminando con un filete de barniz negro brillante.

Este modo de operar que parece un poco largo, tiene la ventaja de ser muy seguro.

Todos los organismos muy transparentes o hechos tales; los cortes vegetales delgados, los cortes de histología, los hongos, polen, granos de almidón, infusorios, algas, etc., se preparan de esta manera.

Montaje en los bálsamos. — Todos los objetos destinados a ser montados en estos medios deben ser perfectamente deshidratados. Esta deshidratación se obtiene, en general, haciéndolos pasar por una serie de vasitos que contienen alcohol absoluto, que ha venido a substituir de este modo al agua que impregnaba el objeto. Por último, se pasa del alcohol absoluto al benzol, que por ser el mismo vehículo en que tenemos disuelto el bálsamo del Canadá es perfectamente miscible con éste.

Esclarecido así el objeto, se pone sobre el centro de un porta bien limpio, valiéndonos de unas pinzas o de un pincel fino, según su delicadeza; se de-

posita encima una gota de bálsamo tomada con la varillita de vidrio y suficiente para recubrirlo y después se coloca el cubre tomado por el borde con una pinza, haciendo el primer contacto por la izquierda y bajándolo dulcemente hacia la derecha de modo que expulse el aire sin dejar aprisionadas burbujas, se oprime entonces ligeramente con una aguja para hacer salir el exceso de bálsamo, y después se abandona la preparación a un secado espontáneo o se acelera éste valiéndonos de la estufa o de una placa metálica calentada en la lámpara de alcohol, sostenida a unos 50° de temperatura.

Después de seca se lava con alcohol para disolver el bálsamo que rebosa; se cierra con tres filetes de cemento de oclusión, y, si se quiere, uno de negro brillante.

Durante estas operaciones pueden producirse ciertos pequeños accidentes: Que el objeto que estaba en el centro se corre hacia los bordes al cubrir con la laminilla; pues el remedio consiste en intentar volverlo a su sitio maniobrando diestramente con una aguja montada que le sostiene mientras se vuelve a bajar la laminilla: Que sè forman burbujas de aire al dejar caer la gota de bálsamo sobre el objeto; se espera a que suban a la superficie y se quiebran, aproximando la punta de una aguja candente.

Todos los objetos susceptibles de ser completamente desecados pueden adherirse previamente fijándolos en el sitio de la lámina o laminilla que definitivamente han de ocupar, con una imperceptible porción de una disolución muy diluída de goma arábiga, y dejándolos secar antes de proceder al montaje.

Los objetos muy voluminosos se montan en celdillas, pero siguiendo los mismos procedimientos.

Montaje en los líquidos. — Los medios líquidos sólo deben emplearse en los casos en que no sea posible el uso de los semisólidos, bálsamo o gelatina. Tienen, entre otros inconvenientes, el de exigir siempre el empleo de celdilla y de fluir al través de la menor hendidura cuando el cierre no es absolutamente hermético, y algunos de ellos atacan a la mayoría de los cementos empleados para hacer celdillas. No obstante, ciertos medios líquidos son para determinados casos insustituibles, y he aquí cómo debe practicarse el montaje de estas preparaciones.

Si el medio es acuoso como la glicerina y el objeto está ya impregnado de agua o alcohol, se procede a substituir estos líquidos por la glicerina, como en el caso del montaje en la jalea de gelatina; y si el medio es oleoso como el aceite o insoluble en el agua como el monobromuro de

naftalina, se pasa el objeto por la serie de alcoholes y por último por el benzol, como en el caso del bálsamo. Después de esto, no hay más que poner el objeto en el fondo de la celdilla o adherirlo con goma a la laminilla; llenar la celdilla con una gota del líquido, cerciorándose con un examen microscópico de que no quedan burbujas de aire; depositar suavemente la laminilla sobre el borde de la celdilla; absorber con papel secante el exceso de líquido; pasar un alambre calentado por el borde de cubre para fundir la laca y facilitar la adhesión, y por último cerrar con tres o cuatro filetes de barniz de oclusión.

Montaje en seco. — Independientemente de los *testes* que muchas veces son preparados en seco, otros muchos objetos pueden ser montados así, para ser examinados con luz reflejada.

Para el montaje en seco, la celdilla construída con el mayor cuidado es siempre necesaria y he aquí el *modus operandi:* Secada perfectamente la laminilla que lleva adherido el objeto, así como la lámina y su celdilla, se invierte el cubre sobre la celdilla y se pasa en seguida un alambre de hierro calentado para producir la fusión de la goma laca y la adhesión consiguiente del cubre a la celdilla. Se termina con tres o cuatro filetes de barniz de oclusión, como para el montaje en los líquidos.

Las coloraciones

Hemos visto que los reactivos colorantes sirven para hacer resaltar los detalles de determinadas partes del objeto sobre los que se fijan de preferencia.

Sólo una larga práctica puede poner al preparador en condiciones de elegir y aplicar con acierto en cada caso especial que se presente, la materia colorante más adecuada, y aquí nos limitaremos a indicar el procedimiento más general y sencillo que, entiéndase bien, podrá dar resultados más o menos satisfactorios según la habilidad con que se aplique.

Si los cortes o pequeños organismos que se desean colorear no fuesen de por sí incoloros, será preciso empezar por descolorarlos, sumergiéndolos en agua de Javel del comercio y pasarlos después por repetidas aguas, hasta la completa eliminación de aquella substancia; se sumergen en seguida en agua acidulada con ácido acético; se pasan por un mordiente formado de 5 gramos de sulfato de alúmina y 5 de acetato de plomo en 100 de agua, donde permanecen 15 o 20 minutos; se lavan de nuevo con agua y se sumergen en el car-

mín, vigilando la coloración hasta que llegue al grado conveniente, en cuyo caso se pasan de nuevo por agua y finalmente se conserva en alcohol hasta el momento de la preparación.

El carmín se fija sobre las células y los nodos, quedando el resto del objeto incoloro; pero empleando el picrocarmín se puede prescindir del mordiente y se obtiene una doble coloración, roja en los nodos y amarilla en los vasos, fibras, cartílagos, etc.

También se logran hermosas dobles coloraciones, pasando los objetos teñidos al carmín, por una disolución alcohólica de un color de anilina y después por el agua y la glicerina, si ha de ser montada con la jalea de gelatina, o por la serie de alcoholes y el benzol si lo ha ser en el bálsamo.

PRÁCTICA DE LAS PREPARACIONES EN LOS CASOS MÁS SENCILLOS

La substancia está en suspensión en un líquido y se halla en cantidad considerable (glóbulos de la sangre). — Bastará tomar una gotita con una pipeta, diluirla en el medio conservador (en este caso suero artificial con ½ milésimo de bicloruro de mercurio) y montarla con celdilla.

La substancia se halla en suspensión en un líquido, pero en cantidad exigua (sedimentos urinarios). — Se vierte el líquido en una copa y se deja sedimentar, se decanta el exceso de líquido y con una pipeta se deposita una gota de lo que queda en el fondo, sobre un cubre bien limpio. El examen inmediato puede hacerse desde luego; pero para la preparación permanente será preciso evaporar el líquido y montar en seco o en el bálsamo.

El cuerpo es pulverulento (féculas). — Se toma una pequeña cantidad con la punta de la aguja ligeramente humedecida y se revuelve en la gota del vehículo puesta previamente en la lámina. Montaje en la jalea de gelatina.

El cuerpo es filamentoso (fibras textiles). — Se impregna de benzol y se monta desde luego en el bálsamo.

El cuerpo es membranoso. — Varios casos pueden presentarse.

a) *Se le deja entero* (ala de mosca). — Se monta desde luego en el bálsamo teniendo cuidado de presentar hacia el objetivo la cara superior.

b) *Se le estudia en corte* (hojas de los vegetales). — Se endurece si es necesario; se practican cortes transversales y longtudinales; se descolora; se colorea con el cloruro de zinc yodado y se monta en jalea de gelatina.

c) *Se dislacera* (papel). — Una porción del objeto previamente tratado por los reactivos aislantes, si fuese necesario, o simplemente macerada en agua, se coloca en un porta y se dislacera valiéndose de agujas montadas, ejerciendo una serie de tracciones en el sentido de la menor resistencia, tracciones que concluyen por separar los elementos que luego pueden teñirse con el picrocarmín y montarse en el bálsamo.

El cuerpo es compacto. — En la mayoría de los casos una serie de cortes será necesaria (grano de trigo). Los cortes transversales y longitudinales se tiñen con el cloruro de zinc yodado y se montan en la jalea de gelatina.

Otras veces se recurrirá a la dislaceración, previo el tratamiento por los reactivos alterantes (aislamiento de las células en las maderas). Se colocan en un tubo de ensayo unos pedacitos de madera; se recubren con clorato potásico y ácido nítrico y se calienta durante unos momentos, vertiendo en seguida el todo en un vaso que contenga agua. Se procede luego a la dislaceración aislando los elementos que se deseen estudiar, coloreándolos con el cloruro de cinc yodado y montando en el bálsamo.

ACABADO Y CONSERVACIÓN DE LAS PREPARACIONES

Después de bien fileteada y limpia la preparación, se pegan en los dos extremos unas pequeñas etiquetas de cartulina en las cuales se anota la clase y nombre del objeto, el medio en que está montado, la fecha y cuantas breves indicaciones se consideren necesarias para servir de guía al mejor estudio del objeto conservado.

Las preparaciones deben guardarse siempre colocadas de plano en una especie de bandejas o tablillas de madera que se colocan en un armario o caja, como las bandejas de un baúl mundo.

Las cajas con ranuras para colocar las preparaciones de canto, que se encuentran en el comercio, deben desecharse en absoluto, pues en esta posición, el vehículo, gravitando de continuo sobre un borde de la celdilla, tiene más probabilidades de atacarlo, y la preparación quedaría por este hecho irremediablemente perdida.

Tómese, por último, la precaución de conservar las colecciones en lugar seco, y que no esté sometido a bruscos cambios de temperatura.

CAPÍTULO VI

APLICACIONES DEL MICROSCOPIO

El mundo mineral

La cristalización. — Uno de los espectáculos más curiosos que puede proporcionarse el micrógrafo es el de sorprender con su objetivo la formación de las elegantes e inimitables agrupaciones moleculares que los naturalistas llaman cristales.

El manual operatorio es bien sencillo y los materiales muy fáciles de encontrar en todas partes. La sal común, el nitro, el sulfato de cobre, el alumbre y la sal amoníaco son substancias bien vulgares que, disueltas en agua y depositada una gotita de la disolución en un porta bien limpio, extendiéndola con regularidad, y observada esta preparación *si cubre* al microscopio, consentirá ver, tan luego como la evaporación del líquido deje de

ser obstáculo a la atracción de las moléculas del sólido disuelto, cómo éstas se agrupan, presentando ante la vista asombrada del observador las más extrañas y fantásticas arborizaciones.

Convendrá casi siempre calentar la lámina pasándola por la llama de la lámpara de alcohol, a fin de favorecer la evaporación, y en cuanto se perciban en los bordes de la gota pequeñas porciones que empiezan a solidificarse, se lleva la lámina bajo el objetivo y se sigue la marcha del fenómeno desde los bordes hacia el centro. La cristalización es al principio lenta; pero a medida que el líquido se evapora, los cristales se forman mucho más rápidamente, y algunas veces no se puede seguir la marcha, y la formación de las diferentes ramas que aparecen con la rapidez del rayo. Conviene no separar el ojo del ocular ni un solo momento, porque a cada instante se ve aparecer una nueva forma, y hasta ocurre que, cuando ya se va a dar el experimento por terminado, nuevos brotes cristalinos se lanzan en todas direcciones sin parecerse en nada a los primitivamente formados.

Convendrá conservar algunas de estas preparaciones, montándolas en seco; pero en este caso se habrá producido la cristalización sobre un cubre que, bien seco, se invierte sobre la celdilla preparada de antemano.

Examinando estas cristalizaciones, así como los cortes de roca y de toda clase de minerales, con microscopios provistos de ciertos accesorios que permiten trabajar con *luz polarizada* (onda luminosa que vibra en determinados planos y no en todos como la onda natural), los veríamos matizarse de las más brillantes coloraciones, fenómeno que une lo sugestivo a lo útil, pues de su estudio profundo van deduciendo los sabios muy interesantes conclusiones, referentes a las leyes que rigen las agrupaciones moleculares del mundo mineral.

El mundo vegetal

La célula. — Es la planta un ser organizado compuesto de muchas partes, cada una de las cuales cumple una función especial. Estas partes, que en las fanerógamas, por ejemplo, son las raíces, las hojas, las flores, etc., han sido llamadas órganos compuestos, porque derivan ellos mismos de otros más sencillos llamados órganos elementales. Los órganos elementales se reducen a tres, que son: *las células, las fibras y los vasos*. Estos dos últimos no son más que una simple modificación de la célula, que, en realidad, es la forma elemental y originaria de todo tejido animal o vegetal.

En su forma más simple, la célula está constituída por un saquito o vesícula cerrada por todas partes y de forma primitivamente esferoidal, que conserva mientras se puede desarrollar libremente; pero generalmente, por consecuencia de la presión de las células inmediatas, o por un modo de crecimiento particular, adopta muy diversas formas, siendo las más comunes las siguientes:

Células esféricas. — Observables en el corte transversal del tulipán silvestre. Preparación en la gelatina. Aumento de 50 a 100 diámetros (fig. 50).

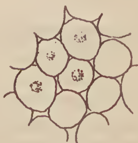


Fig. 50

Células alargadas. — Corte de una pera madura. Preparación en la gelatina. Aumento de 50 a 100 diámetros.

Células poligonales. — Corte de la médula de saúco. Preparación en la gelatina. Aumento de 50 a 100 diámetros (fig. 51).

Células estrelladas. — Corte transversal del junco. Preparación en la gelatina. Aumento de 50 a 100 diámetros (fig. 52).

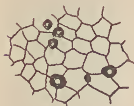


Fig. 51

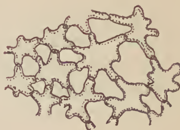


Fig. 52

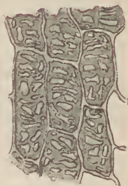
La membrana celular, en su principio muy delgada, va aumentando de espesor con la edad, y es-



Fig. 53

te engrosamiento no se hace de una manera uniforme : tiene lugar muchas veces dejando aberturas en forma de puntos, rayas, anillos, espirales, etc.

Puede estudiarse la constitución de la membrana celular en las plantas siguientes:


Fig. 54

Células puntuadas. — Preparación de la médula de saúco, ya antes estudiada, pero empleando ahora un aumento de 200 diámetros (fig. 53).

Células reticuladas. — Mesocarpo del fruto del hinojo. Preparación en la gelatina. Aumento de 200 diámetros (fig. 54).

Células espirales. — Haces vasculares de las


Fig. 55

Mamilliarias. Preparación en la gelatina. Aumento de 200 a 300 diámetros (fig. 55).

Células concrecionadas. — Gránulos duros que se encuentran en las peras. Preparación en la glicerina. Aumento de 200 a 300 diámetros.

Los vasos. — Son como tubos muy prolongados, que resultan de la fusión de células largas y estrechas, cuyas paredes intermediarias son reabsorbidas. En muchos casos se puede comprobar la verdad de esta teoría tratando los vasos por el ácido nítrico diluído y se les ve diluirse en muchas porciones por los sitios más débiles, correspondientes a los antiguos puntos de soldadura de las células primitivas.

Como los vasos no son otra cosa que células muy alargadas, deben observarse en éstos la mis-

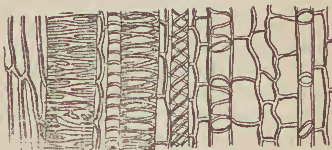


Fig. 56

ma estructura y dibujos que en aquélla, y, en efecto, existen *vasos puntuados, rayados, espirales, reticulados,* etc., cuyas formas principales aparecen representadas en la figura 56.

Las fibras. — Se designan con este nombre las células muy alargadas, caracterizadas por las terminaciones en punta, debidas a la atenuación progresiva del diámetro. Puestas en contacto, se agregan en forma de haces que, cuando toman consistencia, constituyen la parte fundamental del esqueleto de los vegetales. Se pueden estudiar las fibras en la madera de las coníferas, disociada por el clorato potásico y el ácido nítrico, según ya se ha dicho.

Contenido de las células. — Mientras las células son jóvenes y vivas se hallan rellenas de un líquido llamado jugo celular, en el cual se encuentran el protoplasma y el núcleo, que rara vez dejan de existir en la célula vegetal, y la clorofila, cristales, féculas, aleuronas, aceites fijos y esenciales y otra multitud de cuerpos de naturaleza diversa y variables, según la especie de vegetal, pero derivados todos de la actividad de la célula.

Núcleo y protoplasma. — El protoplasma es una materia nitrogenada viscosa que, en la célula madura, se concreta en forma de filamentos unidos de una parte a las paredes y de otra al *núcleo* o nodo. Se puede observar en el corte del tallo de la remolacha, montado en la gelatina.

Clorofila. — Substancia que colorea las partes verdes de las plantas. Se presenta ya en gránulos

redondeados, u oblongos, ya en estado amorfo, o bien dispuesta con gran regularidad. En este último estado se observan en las algas filamentosas de agua dulce llamadas *Spirogyira*, y en estado granuloso y amorfo en las células interiores de las hojas de las gramíneas.

La fécula. — Granos muy visibles, llenando las células poligonales del corte de la patata. Los

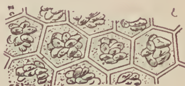


Fig. 57

cortes deben frotarse con un pincel mojado en agua para arrancar el gran exceso de granos de fécula que les daría demasiada opacidad. Se pueden teñir de azul con el yodo y montar con la gelatina (fig. 57).

La alcurona. — Puede observarse también en forma de gránulos en el corte transversal del haba blanca y se diferencia de las féculas en el color amarillo que toman en contacto del yodo.

Los tejidos y los órganos

Las agrupaciones de los elementos anatómicos, células, vasos y fibras, constituyen los *tejidos* de



Fig. 58

que están formados los *órganos* y *aparatos* encargados de ejercer las diversas *funciones* que caracterizan la vida de los vegetales.

Es muy fácil la preparación de la epidermis de la *pita* y de la hoja del *jacinto,* arrancando con unas pinzas un jirón lo más superficial posible.

La figura 58 representa el tejido epidérmico de la fronde del *helecho.* Se observan en esta preparación con la mayor claridad los núcleos de las células rodeados de numerosos gránulos de clorofila, y además unas aberturas llamadas *estomatos,* por las cuales atraviesa el aire necesario para la respiración de la planta.

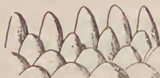


Fig. 59



Fig. 60

Es también muy interesante y fácil de observar la epidermis de los pétalos del *pensamiento,* que deben su efecto aterciopelado a los juegos de luz que se producen entre las papilas prominentes que el microscopio descubre en su constitución (fig. 59).

Se pueden, por último, estudiar y montar en preparación las producciones epidérmicas en forma de pelos que se encuentran en las hojas de la

ortiga (fig. 60), que no son otra cosa que glándulas secretoras de un líquido ácido, causante de la sensación que produce su contacto con la piel.

Las criptógamas microscópicas

En el tipo de las criptógamas se incluyen plantas de organización muy sencilla, muchas de ellas no visibles a simple vista, principalmente entre las clases *hongos* y *algas,* que ofrecen interesantes motivos de estudio para el micrógrafo.

Los hongos. — Plantas sin vasos, raíces, tallo ni hojas, constituídas por una célula o un corto número de células que forman filamentos o masas redondeadas. No tienen clorofila y se desarrollan y viven sobre las más diversas substancias orgánicas, y es curioso y fácil de observar el *moho* que cubre el pan húmedo, y los restos de substancias alimenticias; los *mohos* que producen el *salseado* de las pieles, y que se presenta en forma de manchas circulares (colonias) que examinadas al microscopio resultan constituídas por largos filamentos. En esta clase se encuentran también los *fermentos* y *levaduras,* hongos formados por células redondeadas que viven a expensas del medio en que habitan, produciendo su descomposición,

muchas veces con desprendimiento de gases. La levadura de cerveza, la del pan y el hongo que produce la fermentación del mosto, pueden verse por millonadas de individuos, diluyendo una pequeña porción de las substancias en una gota de agua.

Muchos de estos hongos viven parásitos sobre otras plantas, alterando su nutrición y ocasionando su muerte. Así, la vid se ve atacada por el *mildiu,* que se implanta en las hojas, donde puede observarse con toda comodidad haciendo cortes transversales y montando la preparación en glicerina. El *blak rot* y el *oidium* son también hongos microscópicos parásitos de la vid.

El *peronosperma* de la patata, el *carbón* de los cereales, el *cornezuelo* del centeno, y otras innumerables especies que ocasionan incalculables estragos, presentan, por desgracia, ancho campo al micrógrafo que quiera interesarse en esta clase de nada difíciles observaciones.

Las algas. — Estos vegetales viven en las aguas o en los líquidos y humores de otros organismos superiores, ya como auxiliares imprescindibles de su propia existencia, ya, por el contrario, causando en los mismos las más terribles enfermedades. Se conocen con el nombre de *microbios* las algas de la familia de las *bacteriáceas,* que viven pará-

sitas sobre el hombre o los demás animales, caracterizados por su extraordinaria pequeñez (de algunas milésimas de milímetro), lo cual obliga a emplear para su estudio los objetivos de mayor potencia, después de haber coloreado las preparaciones, que generalmente se montan en el bálsamo. Por la similitud de sus formas, la diferenciación de las distintas especies de bacterias, obligan a los bacteriólogos a recurrir a una técnica complicadísima basada en los cultivos en colonia, en los efectos de los reactivos y en la acción de los productos sobre los organismos superiores, haciendo de esta parte de la ciencia una de la ramas de más difícil estudio, pero de más positivos y brillantes resultados para el bien de la humanidad.

Para tener idea de la abundancia y diversidad de estos seres, basta rascar con un palillo el sarro de los dientes; diluir una pequeña porción en una gota de agua, para observarla en preparación extemporánea, y seguramente se encontrará el *leptothirix buccalis,* bacteria muy fácil de ver porque se presenta en forma de largos filamentos, hasta de 1/10 de milímetro, y a la cual se atribuye la enfermedad de la caries de los dientes. Con mayor aumento, es casi seguro que se encontrarán en la misma preparación centenares de otras bacterias que hallan un medio ambiente de propicio des-

arrollo en la humedad, temperatura y residuos de los alimentos.

Las diatomeas. — En la clase de las algas figura el orden de las *diatomeas,* que son las plantas microscópicas que por la variabilidad casi infinita de sus formas; por su difusión extraordinaria en todas las regiones del globo; por las curiosidades de su fisiología y las complicaciones de su estructura, que ha dado lugar a muy interesantes polémicas y han sido motivo de los refinamientos de perfección que hoy presenta el objetivo del microscopio; y, finalmente, por la facilidad relativa que ofrece la técnica de sus preparaciones, constituyen como el gran vestíbulo del mundo de lo invisible donde el micrógrafo principiante encontrará ancho campo para ensayar sus facultades, orientar sus aficiones y hasta consagrar de modo definitivo sus estudios a esta especialidad, donde quedan todavía bastantes lagunas inexploradas para ocupar la vida de muchos hombres.

Por eso no será tiempo perdido el que se consagre a leer y practicar lo expuesto, en las breves páginas que podemos dedicar a este asunto.

Recolección de las diatomeas. — El material de que ha de ir provisto el aprendiz de diatomófilo, puede reducirse a unos cuantos frascos de vidrio de boca ancha de 20 a 50 centímetros cúbicos de

capacidad, cerrados con tapones de corcho; un pincel; una cuchara de hierro que pueda sujetarse en el extremo del bastón, y algunos pedazos de tela impermeable. Si se dispone de un pequeño microscopio de bolsillo que alcance a unos 80 diámetros, llegaríamos, para empezar, casi al colmo del refinamiento en materia de instrumentos.

Exploremos primero los manantiales de agua dulce, las orillas de los ríos, los fosos, estanques, todos los lugares donde se encuentren las aguas poco profundas y bañadas por el sol. Toda mancha de color sepia que cubre los cuerpos sumergidos; toda costra de color verdoso flotante en el agua y llena de ampollas y burbujas gaseosas; las espumas más o menos viscosas; los filamentos adheridos; la materia parda que tapiza las plantas acuáticas; la substancia aterciopelada que alfombra el fondo de los regatos; las mil vegetaciones flotantes, serán sospechosos de estar constituídos por verdaderas colonias de diatomeas, y examinados con el microscopio explorador o recogidos desde luego para ser examinados más tarde, pasarán en regular porción al fondo de nuestros frasquitos, valiéndonos para su captura, ya de la cuchara de hierro puesta en el extremo de un palo con la cual recogeremos las vegetaciones flotantes, ya del pincel con el que rascaremos suavemente la

costra viscosa que cubre las piedras y plantas sumergidas, lavándolo cada vez en el agua contenida en el frasco, para que en la misma se desprendan y floten las porciones arrancadas. Las algas, los musgos y en general toda clase de plantas acuáticas, sobre cuyos órganos se encuentren señales de vegetaciones parásitas, se exprimirán ligeramente y se envolverán en los pedazos de tela impermeable.

De igual manera en las orillas del mar, en los depósitos de agua salada que llenan las altas mareas, recogeremos las algas filamentosas, las zoosteras, las espumas ,y nos proporcionaremos conchas de otras, de mejillones, estómagos de ascidias y holoturias y tubos intestinales de peces herbívoros.

Todos estos materiales serán transportados al laboratorio, para proceder en seguida al examen o al tratamiento previo necesario para su estudio.

Examen de las recolecciones frescas. — Las recolecciones frescas, principalmente las de agua dulce que contengan pocos cuerpos extraños, pueden desde luego someterse a observación; pero es mejor dejarlas reducidas a una masa de diatomeas casi puras, aprovechando la propiedad que tienen estas algas de caminar hacia la superficie en busca de la luz. Así es, que basta colocar estas recolec-

ciones en platillos de porcelana llenos de agua y expuestos a una luz fuerte, pero privados de la acción directa de los rayos solares, y al cabo de veinticuatro o cuarenta y ocho horas, todas las diatomeas vivas cubren la superficie del resto de los materiales e impurezas que quedan en el fondo. Vertiendo el agua con cuidado, se puede, con un pincel fino, barrer esta superficie, llevándonos las diatomeas completamente puras.

Una pequeña porción de la materia, diluída en agua y montada en preparación extemporánea, nos permitirá hacer un examen microscópico, y si, como es de suponer tratándose de una recolección de agua dulce, abundan las diatomeas del género navícula, que es uno de los más numerosos y repartidos, podremos admirar los singulares movimientos de estas minúsculas barquillas que avanzan por sacudidas, viran y retroceden como si una fuerza inteligente las animara; movimientos que tanto intrigaron a los sabios durante muchos años, hasta que recientemente ha venido a comprobarse que son debidos al empuje del oxígeno desprendido por la acción de la luz, sobre la clorofila de estas plantas.

La detenida observación de otras diversas recolecciones nos dará ocasión de admirar la infinita variedad de formas de estas encantadoras plan-

titas, y un examen más profundo nos enseñará que cada individuo está formado de una especie de urna o caja constituída por dos piezas semejantes a las conchas de un molusco bivalvo. Este estuche encierra una verdadera célula con su jugo, núcleo y protoplasma, algunas gotas oleosas y una materia de color amarillo sucio que se llama *endocromo* y que desempeña el papel de clorofila en las diatomeas.

Una de las singularidades de estas plantas es que el caparazón que envuelve la célula es de naturaleza mineral, silícea, y por lo tanto, indestructible por el calor y por los ácidos, propiedad que nos proporciona un medio muy sencillo de obtenerla limpia y aislada de todo el resto de la materia orgánica, y como estas valvas afectan todas las formas imaginables, se hallan esculpidas de los más extraños relieves, y después de limpias y desecadas pueden montarse en pocos minutos en preparación permanente, bien se explica la predilección que los micrógrafos principiantes, y aun muchos de los maestros, sienten por esta rama de la ciencia que, con muy poco esfuerzo, permite llegar a resultados del mayor lucimiento.

Tratamiento de los materiales. — Si tenemos una recolección limpia de toda impureza, de diatomeas vivas o conservadas en alcohol, puede des-

truirse la materia orgánica, poniendo una pequeña porción de este material en un cubreobjetos bien limpio, sobre el que se ha depositado antes una amplia gota de agua. Se evapora el agua poniendo el cubre sobre una placa de cobre calentada, y finalmente se lleva sobre una laminita de hierro muy delgada, sostenida por una anilla de alambre, encima de la llama de la lámpara de alcohol, para poder calentarla hasta el rojo. En pocos minutos la materia orgánica desaparece por combustión, y quedan las valvas bastante limpias para poder ser montadas en el bálsamo, en preparación permanente.

Este método tiene la ventaja de la rapidez, pero las preparaciones así obtenidas dejan bastante que desear en cuanto a limpieza y elegancia, y sólo es aplicable a los raros casos en que se dispone de recolecciones casi puras.

Los materiales que no contienen diatomeas vivas y móviles, sino adheridas a otras plantas, muertas, o mezcladas con tierra y detritus de todas procedencias, deben someterse a un procedimiento de limpieza más perfecto que el de la simple combustión.

Este procedimiento, para las recolecciones de agua dulce o salada, mezcladas principalmente con materias vegetales, consiste en lo siguiente:

Colocadas las materiás en un gran vaso, se añade agua que tenga un décimo de ácido clorhídrico; se agita y revuelve la masa con un palo y se vierte sobre un tamiz puesto encima de otro vaso. Todas las diatomeas ya muertas y desprendidas por la acción del ácido, pasan al través del tamiz y se sigue añadiendo agua, desmenuzando y esponjando los vegetales y materias que quedan encima, hasta que se sospeche que ya nada tienen que arrastrar las aguas. Reunidos todos los líquidos, se dejan sedimentar durante quince minutos, se tira el agua que queda encima del vaso y se continúa así el lavado, hasta que las aguas salgan bastante limpias. El sedimento consistente en diatomeas, residuos pequeños de vegetales y tierra, se pone en una cápsula de porcelana, se cubre con ácido nítrico y se calienta al aire libre, sosteniendo la ebullición y añadiendo más ácido si fuese necesario, hasta que dejen de desprenderse vapores rojos. (Durante esta operación y en las sucesivas en que se opere con ácidos concentrados e hirvientes, se tomarán las precauciones necesarias para no respirar los vapores tóxicos que se desprenden, y evitar las proyecciones peligrosas de la materia hirviente fuera de la cápsula.) Se vierte la materia en un gran vaso, conteniendo agua limpia; se espera de nuevo a que se sedimente la

porción sólida y se continúan los lavados añadiendo agua y decantando hasta que las aguas salgan perfectamente limpias. Si la recolección no era muy sucia ni muy pobre, el residuo de este tratamiento contiene ya abundantísimas valvas de diatomeas bastante limpias, como puede apreciarse examinándolo al microscopio; pero si tenía mucha materia orgánica, habrá que terminar con otro tratamiento más enérgico, que consiste en hacerlo hervir en ácido sulfúrico concentrado para destruir y carbonizar los residuos orgánicos, y terminar la operación arrojando en la cápsula pequeños cristales de clorato potásico. Cada cristal, al caer, produce una fuerte deflagración con desprendimiento de cloro y otros gases, y la masa que era negruzca se pone completamente blanca. Lavado como siempre el sedimento, con aguas muy abundantes, se llega a un residuo, formado exclusivamente de arena y valvas silíceas de diatomeas perfectamente limpias.

Cuando se trata de conchas de ostras y otros moluscos, se lavan con un cepillo de uñas mojado en agua acidulada, y pasado por todas las anfractuosidades, operando con los materiales desprendidos como en el caso anterior.

Los estómagos de ascidias, holoturias y peces herbívoros, se cortan en pedacitos y se someten

al mismo procedimiento; pero generalmente hay que repetir dos o tres veces el tratamiento por el ácido sulfúrico y el clorato, para destruir la gran cantidad de materia orgánica.

Se encuentran también centenares de especies de diatomeas y precisamente las formas más hermosas y extrañas, en los guanos, que exigen tratamiento muy enérgico, para aislar las formas puras, y en muchas tierras fósiles formadas por acumulación durante siglos de los materiales arrastrados por los ríos y los mares. El tratamiento de las tierras fósiles no difiere en su esencia del expuesto para otros casos, ni se pueden dar reglas generales, porque sólo la práctica y el conocimiento de la acción química de los reactivos sobre las substancias que dominan en la constitución de las rocas puede, en cada caso particular, ser norma para llegar más rápidamente al resultado deseado.

Este resultado ha de consistir en llegar a obtener finalmente, en todos los casos, una mezcla de arena y valvas limpias de toda otra substancia. Si la arena es escasa y las diatomeas dominan, puede casi siempre considerarse el residuo como bueno para las preparaciones ordinarias; pero en el caso contrario hay que terminar por una serie de *levigaciones* o tratamientos con agua, ejecuta-

dos con tal arte, que vayan quedando en los posos, que se tiran, la mayor parte de las arenas muy pesadas, y se vayan separando en las aguas, donde flotan, la mayor parte de las diatomeas; auxiliándose en algunas ocasiones para esta delicada operación de tamices muy finos, y examinando de tiempo en tiempo al microscopio una gota del líquido que se desecha y del que se guarda, para ir sobre seguro en la marcha del lavado.

Los residuos finales consistentes en diatomeas muy limpias y puras o casi puras, después de lavados en agua *destilada,* se conservan en alcohol, en pequeños tubos etiquetados cerrados con finos tapones de corcho.

Las preparaciones. — Nada más fácil, cuando se tienen diatomeas lavadas, conservadas en tubitos en la forma dicha, que obtener en pocos minutos una preparación microscópica permanente que consienta hacer un estudio detenido de las especies de cada recolección.

Para ello, se decanta con una pipeta el alcohol del tubo y se le substituye por agua. Por otra parte, se ha puesto en un cubre una gota de agua pura y destilada, extendida por toda la superficie, y se deja caer en la misma una gotita del contenido del tubo, tomado con una pipeta muy fina. Las diatomeas se esparcen con regularidad por el

líquido; se evapora lentamente el agua; se calienta un poco fuerte la laminita con las formas adheridas para asegurar la desecación, y en seguida se monta en el bálsamo sin más precauciones.

Estas preparaciones llamadas ordinarias, son suficientes para el estudio, porque aunque contengan muchas formas en posición no conveniente, otras rotas, y multitud de granos de arena y residuos de otros organismos que hayan resistido al tratamiento, siempre se encontrarán, en los cientos de valvas que se presentan en el campo, algunas perfectas y en posición adecuada para la observación.

El *desiderátum* consistiría en que la preparación presentara sólo formas perfectas, limpias, mostrándose en la orientación más conveniente, y si además pudiera conseguirse que aparecieran en el campo del microscopio las especies seriadas, como se ordenan en la vitrina las colecciones de un naturalista, o formando grupos artísticos, estas preparaciones serían de un valor inestimable para el diatomófilo, y constituirían una curiosidad siempre interesante para el aficionado.

Hace ya bastantes años, el Dr. Möller presentó sus primeras preparaciones *sistemáticas* que alcanzaron un éxito colosal entre los especialistas. Tienen las tales preparaciones el mérito de una

obra de arte y el valor de una joya; pero los procedimientos seguidos por aquel operador han permanecido secretos.

Otros micrógrafos han logrado resultados semejantes por procedimientos distintos. Los ideados por mí me han consentido hacer preparaciones sistemáticas de más de mil formas perfectamente limpias y colocadas en la posición preconcebida.

La índole de este libro no consiente dar idea del fundamento de los métodos que permiten lograr estos resultados (1).

El mundo animal

La célula animal y los organismos inferiores. — No hay diferencia esencial entre la célula animal y la que forman los tejidos de los vegetales. Como ésta, aquélla presenta un protoplasma y un nodo en el caso más general, solamente que en la célula animal este protoplasma suele estar desnudo, y esta ausencia de pared distinta imprime a los tejidos animales un aspecto especial, típico, muy diferente del que presentan los vegetales.

(1) Véase la Memoria del autor, *Técnica de las preparaciones microscópicas sistemáticas*, publicada el año 1897, en el tomo XXVI de los Anales de la Sociedad Española de Historia Natural.

Así como existen plantas formadas de una sola célula, gran número de organismos animales inferiores son también monocelulares o están constituídos por agrupaciones muy sencillas de células idénticas (colonias), y entre ellas podemos elegir nuestros primeros materiales de estudio.

Exprimiendo las *lentejas de agua* que de ordinario recubren en primavera el agua dulce y aireada de los riachuelos, se observará una gota del líquido al microscopio, y no será difícil encontrar alguna de las múltiples variedades del *Amœba princeps* (fig. 61), extraño ser de un color y as-



Fig. 61

pecto algo semejantes a una gota de aceite y constituído por una sola célula que presenta la particularidad de cambiar de forma a cada momento ante nuestra vista, lanzando sin orden ni regularidad y con cierta lentitud una especie de tentáculos o pseudopodos obtusos para contraerlos en seguida,

haciendo pasar una parte de su masa a su interior y caminando así con *movimiento amiboideo* en busca de los corpúsculos alimenticios que hace penetrar en el cuerpo para asimilarse sus elementos útiles y abandonarlos a los pocos momentos.

Si queremos observar otro modo de progresión rapidísimo de la célula, provista de pestañas vibrátiles, acudiremos a los *infusorios* que, por centenares de especies, es casi seguro encontrar en todas las aguas estancadas o corrientes donde existen materias vegetales, y como pululan en todas las infusiones vegetales, a este medio podemos acudir para proporcionárnoslos en todo tiempo con gran abundancia y pureza. Basta para ello poner en un vaso cualquiera una pequeña porción de heno o hierba seca, cubriéndola con regular cantidad de agua, y abandonando el vaso descubierto durante unos días en la parte exterior de una ventana, donde pueda ser bañado en parte por los rayos solares. Al cabo de cuatro o cinco días, o de un tiempo más largo si las condiciones no han sido muy favorables, aparece la superficie del agua cubierta de una película blanquecina formada por colonias de *bacillus,* pero es casi seguro que contendrá también infusorios, y bastará tomar con una pipeta una sola gota del agua y observarla con una amplificación de 200 diámetros, para ver

el campo del microscopio surcado incesantemente por docenas de animales de movimientos tan rápidos, que harían imposible su estudio si el líquido no contuviera multitud de residuos vegetales que sirvieran de obstáculo a su vertiginosa marcha. Al cabo de muchos días el número de individuos es totalmente prodigioso que, a no verlo, no



Fig. 62

se creería en la enorme cantidad en que se presentan en una sola gota de agua. Las especies posibles que de este modo llegan a obtenerse no pueden precisarse de antemano, pero lo más frecuente es que aparezcan primero las de menor tamaño, para ir desapareciendo sucesivamente y ser substituídas por animales de volumen más considerable. La figura 62 da idea de la variedad de formas y constitución de estas células vivientes.

Antes de abandonar la preparación provisional de los infusorios, se ensayará la acción singular del amoníaco sobre estos seres, siendo suficiente para ello el colocar una gota de amoníaco líquido en el borde del cubre y en contacto con el líquido interior. El amoníaco, obsorbido por capilaridad, va avanzando por debajo del cubre, y siguiendo su marcha con el microscopio, se ve a los infusorios paralizados repentinamente en sus movimientos a la aproximación de la disolución amoniacal, y en seguida, desaparecer en absoluto al contacto de ésta, de igual manera que un terrón de azúcar desaparece al contacto del agua, sin dejar el menor rastro visible de su existencia.

Organismo algo más complicado que el de los infusorios, es el de los *rotíferos,* pequeños seres cuyo estudio se ha hecho interesante, entre otros motivos, por la propiedad que tienen de poder resistir una desecación absoluta hasta convertirse en verdaderas momias y persistir en este estado de masas inertes durante muchos meses, pero sin perder sus facultades de reabsorber el agua cuando se les pone en contacto con este líquido, y renacer a la vida y a la actividad. Esta resistencia a la desecación y a las variaciones de temperatura, que pueden pasar de 100 grados, no es exclusiva de estos seres, sino común a otro gran número de

animálculos, esporas y semillas vegetales; pero en este caso es más notable, por tratarse de seres de organización relativamente complicada y por la rapidez con que vuelven a la vida al contacto de la humedad.

Hasta parece que estas alternativas de desecación e imbibición sean una condición normal de su existencia, pues se encuentran los rotíferos en gran abundancia en los musgos y otras pequeñas plantas que crecen en los tejados, y sobre los muros y troncos de los árboles, donde se hallan sucesivamente sometidos a la acción del sol y de las lluvias. Así, acudiremos, para proporcionarnos rotíferos, a recoger las primeras porciones de lluvia caídas sobre un tejado después de un tiempo seco, y es casi seguro que encontraremos el *rotifer vulgaris* (fig. 63), pudiendo a nuestro sabor, gracias a la transparencia del cuerpo de este animal, observar la existencia de los órganos principales y hasta seguir la marcha del bolo alimenticio en el interior del tubo intestinal. Su cuerpo, formado de tubos que enchufan unos en otros como los de un catalejo, le permiten alargarse de una manera considerable, y cuando ha encontrado un lugar conveniente se le ve sujetarse a cualquier obstáculo con su cola, desenchufar sus tubos, desenvolver su cabeza anteriormente escondida en la

masa globosa y poner en movimiento rapidísimo las pestañas vibrátiles que rodean su boca, hacién-

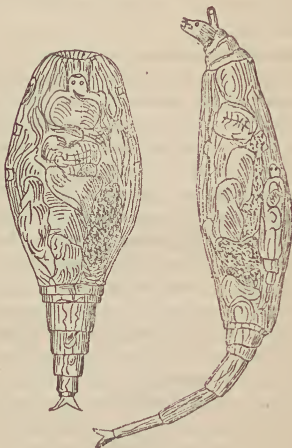


Fig. 63

dolas girar como dos ruedas dentadas, determinando un violento torbellino que arrastra las par-

tículas nutritivas en el espacio que las separa, en el cual se abre como un embudo una ancha fafinge guarnecida también de pestañas vibrátiles, por donde se las ve deslizarse para ser digeridas en el interior del cuerpo del pequeño monstruo.

Humores, tejidos y órganos. — Es ejercicio interesante y libre de toda dificultad el examen microscópico de la sangre.

Haciendo una ligadura en la yema de un dedo y dando un pinchazo repentino con una aguja previamente esterilizada por el calor, sale una pequeña gota de sangre, suficiente para montar varias preparaciones. Extendiendo lo mejor posible una pequeña cantidad del líquido, tal como sale, sobre un cubre, y depositándolo en seguida con suave presión sobre un porta, nos presentará en el campo del microscopio los *glóbulos rojos* o *hematies*, vistos de plano. Una segunda porción de sangre, tomada en mayor cantidad y dejando entre el cubre y el porta un pequeño obstáculo sólido, como un pelo, nos consentirá poder imprimir al cubre cierto movimiento de balanceo para determinar corrientes en el líquido, que se utilizarán para ver en todas sus caras los glóbulos, dando vueltas.

Así comprobaremos que las hematies de los mamíferos son discoides y bicóncavas (excepto las del camello, que son elípticas). Los glóbulos rojos

de los demás vertebrados, son elípticos y biconvexos, y el volumen varía según la especie, siendo entre los comunes los más grandes los de la rana, que miden 0'0226 milímetros, mientras que los del hombre sólo alcanzan a 0,0069.

Examinando la preparación más atentamente, se descubrirán aquí y allá en muy reducido número con respecto a los glóbulos rojos, unas pequeñas esferas incoloras y un tanto irregulares, que son los *leucocitos* o *glóbulos blancos* que presentan, entre otras particularidades, un movimiento de progresión amiboideo, no difícil de observar en la sangre fresca y aun caliente.

Se ensayará, antes de desmontar la preparación, la acción del agua sobre la sangre, bastando para ello depositar una gota en el borde del cubre, y se verá con qué rapidez los glóbulos rojos se convierten en esféricos, disminuyendo, por lo tanto, de diámetro, y se descoloran hasta el punto de resultar completamente invisibles al cabo de algunos instantes.

Como tipo de tejidos sin substancia amorfa intercelular, podemos observar el *tejido epitélico pavimentoso,* que se obtiene fácilmente rascando con un escalpelo ligeramente inclinado una parte del brazo que no esté sometido a los lavados cotidianos. Se disocian y colorean con picrocarmín las

placas blanquecinas que se obtienen, montándolas en seguida en preparación. Se procede de igual modo con la superficie de la lengua, que nos proporciona células vivas más perfectas.

La carne cocida nos permitirá examinar el tejido muscular, y no es difícil obtener con esta materia muy buenas preparaciones.

Las preparaciones de otros tejidos y las de los órganos completos de los pequeños animales, exigen un modo operatorio algo complicado, cuya descripción no cabe en los límites de esta obra.

El microscopio en la clínica, en la higiene y en la industria

El más lego en ciencias médicas conoce el importante papel que hoy desempeñan las investigaciones microscópicas en el diagnóstico de las enfermedades. Sean éstas de origen claramente microbiano como el cólera y la tuberculosis, en cuyo caso es posible ver materialmente el microorganismo causante directo del estrago, ya tengan otro origen menos determinado y se manifiesten secundariamente por la alteración de la célula o los tejidos, el micrógrafo puede en todos los casos

auxiliar muy eficazmente la noble misión del clínico.

Difíciles en general las investigaciones bacteriológicas, son, por el contrario, relativamente sencillas las que se dirigen al examen de objetos de mayor magnitud y más fácil determinación. Así, por ejemplo, el estudio de los sedimentos abandonados por las orinas y la determinación de la naturaleza de sus elementos cristalinos o amorfos, puede constituir para el micrógrafo principiante. auxiliado por algún libro que trate de la especialidad, un ejercicio interesante y provechoso que le permita decidir con muy poco trabajo si la presencia de tales substancias es propia de la orina normal o indicio de un trastorno patológico.

Menos complicada y expuesta a errores y de campo no menos amplio que la del micrógrafo clínico, es la del higienista que descubre con su instrumento la alteración y adulteración de las substancias alimenticias y bebidas, resolviendo con su simpático fallo el pleito entre el derecho a la salud y el delito del fraude.

Para no enumerar más que algunos de los principales y más fáciles triunfos de esta rama de la ciencia micrográfica, véase a cuán poca costa se logra descubrir en la carne de cerdo, hecha sospechosa, la presencia del gusano *Trichina spiralis*

que produce en el hombre la terrible enfermedad llamada *triquinosis*. La figura 64 representa un corte de salchichón preparado con carne inficio-



Fig. 64

nada. La larva, encerrada en un *quiste* de forma de limón, se halla arrollada, y tiene cerca de un milímetro de longitud. La investigación en la carne magra, fresca o salada, se hace con la mayor facilidad cortando con unas tijeras unas delgadas pil-

trafas que se ponen sobre el porta en una disolución de potasa, y se disocian comprimiéndolas con fuerza con el cubre, con cuya operación la materia se hace bastante transparente para que una observación atenta permita encontrar los quistes, si existieran, y examinar su contenido.

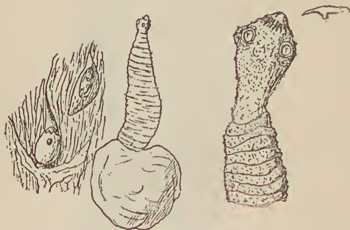


Fig. 65

La carne de cerdo presenta a veces unas vesículas blanquecinas representadas en su tamaño natural en la izquierda de la figura 65. Examinadas estas vesículas con un aumento de 8 a 10 diámetros, y comprimiéndolas con cierta destreza con una aguja enmangada, se llega a hacer salir al exterior la cabeza, y después el cuerpo del *cysticercus cellulosæ,* que se hallaba invaginada en las

vesículas. A la derecha de la figura aparece la cabeza del gusano vista con mayor aumento y aislado, y aparte, uno de los ganchos que rodean la cabeza y con los cuales se agarra al interior del intestino delgado del hombre que consume carne en estas condiciones, para transformarse allí en *Tenia,* de la cual el cisticerco no es más que una forma larvaria o de tránsito.



Fig. 66

El microscopio empleado con acierto, consiente al experto descubrir las adulteraciones de la harina, café, te, cacao, chocolate, pimienta, etc., con sólo comparar una preparación de la materia sospechosa con otra de substancia igual legítima y pura; y finalmente, como comprobación de la verdad de la teoría que achaca la mayor parte de las alteraciones y descomposiciones que experimentan las materias orgánicas expuestas al aire a los

gérmenes de todas clases flotantes en la atmósfera, bastará examinar, diluyéndola en glicerina, una pequeña porción del polvo que cubre la superficie de cualquier mueble abandonado. Es casi seguro que encontraremos algunos de los corpúscuplos representados en la figura 66, que da idea de la variedad de seres microscópicos que, con ciertas precauciones, pueden recolectarse en el aire y principalmente en el aire de las grandes poblaciones.

No menor gratitud que la Medicina y la Higiene debe la industria a las investigaciones microscópicas, pues gracias a éstas se han podido realizar importantes descubrimientos relativos a la constitución de las fibras textiles, estructura de los papeles, modo de agrupación de los cristales, de los metales solidificados y de sus aleaciones, acción de los fermentos, y mil y mil estudios a cuál más importantes y de mayor utilidad y fecundas aplicaciones.

CAPÍTULO VII

EL MICROSCOPIO DE PROYECCIÓN

Es en muchos casos necesario presentar ante un auditorio los objetos microscópicos, y resultando prácticamente imposible, o exigiendo una enorme pérdida de tiempo el examen sucesivo de una misma preparación por un gran número de personas, se ha pensado desde hace mucho tiempo en disponer aparatos especiales que eviten tales inconvenientes.

El problema se hallaba resuelto en cierto modo en el vulgar instrumento de la linterna mágica que, como todo el mundo sabe, permite proyectar sobre una pantalla una imagen real y bastante amplificada de un objeto de tamaño bastante pequeño; pero hay que tener en cuenta que las

figuras traslucidas que se emplean para la proyección con estos instrumentos, están muy lejos de ser objetos microscópicos, y que el más voluminoso de los seres que estamos acostumbrados a observar con el microscopio ordinario, resultaría perdido e invisible si intentáramos proyectar su imagen con una linterna mágica.

No obstante esto, se concibe que puede conservarse el principio de este aparato adaptándolo a la necesidad de proyectar objetos microscópicos y dotándolo de los perfeccionamientos necesarios para el caso.

Es por de pronto indispensable disponer de un foco de luz bastante potente para que, dados los enormes aumentos que se van a pedir a este instrumento, la imagen resulte aun bastante iluminada para que puedan apreciarse sus detalles. Recuérdese a este propósito la explicación que hemos dado sobre la pérdida de luz por los aumentos en superficie (figs. 37 y 38), y que si quisiéramos presentar la imagen de un objeto de un milímetro, apareciendo nada más que de un decímetro de alta, estaría 10,000 veces menos iluminada que el objeto, y resultaría totalmente invisible si la hubiéramos iluminado primitivamente con una de las lámparas habitualmente empleadas en la linterna mágica.

Se acudirá, pues, a los más poderosos focos de luz artificial; pero a todos será preferible la luz solar, que no tendrá más inconveniente que la irregularidad de su presentación y las dificultades de su captación. Contra las primeras nada podemos, y habrá que resignarse a su substitución por la luz de arco voltaico que, gracias a la difusión de las distribuciones de energía eléctrica, podremos proporcionarnos siempre con relativa facilidad; pero el segundo inconveniente no es difícil de obviar con la disposición de un espejo dotado de movimientos adecuados para que, siguiendo el movimiento aparente del sol, nos envíe los rayos reflejados siempre en una dirección fija y constante, para allí recogerlos y concentrarlos sobre el objeto que deseamos iluminar con fuerza.

En todos los casos en que sea posible el empleo de la luz solar, debe preferirse a cualquiera otra; pero entendido el funcionamiento del *microscopio solar,* cuya teoría se expone a continuación, no es difícil hacerse cargo de lo que será el *microscopio foto-eléctrico,* por no haber otra diferencia entre ambos que la de los manantiales de luz empleados.

Si en la parte exterior de la ventana del laboratorio que nos sirvió para nuestros primeros ex-

perimentos, se instala un espejo tal como M (figura 67), que reflejando los rayos del sol RR', los envía sobre una gran lente convergente *c,* que se llama condensador, y acabamos de concentrarlos con otra C que recibe el nombre de *focus* sobre el

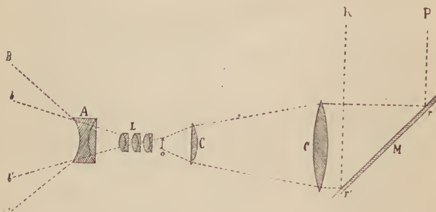


Fig. 67

objeto muy pequeño *o,* se comprende que, por ligeros movimientos de avance o retroceso de esta última lente, podremos lograr, o una concentración fortísima de luz en una superficie muy reducida, o bien aminorar en ciertos límites la concurrencia de rayos de luz, y por lo tanto de calor en este punto, cuando la excesiva temperatura pudiera ser perjudicial al objeto observado,

como, por ejemplo, cuando se trata de pequeños seres vivos.

Iluminado el objeto convenientemente y en general con grande intensidad, se reciben los rayos luminosos que de él parten sobre un juego de pequeñas lentes convergentes que puede ser sencillamente el objetivo de un microscopio compuesto, y se sabe ya que éste, puede dar en la dirección de los rayos *b b'* una imagen invertida y real, y por lo tanto proyectable sobre una pantalla, y tanto más agrandada cuanto más lejos coloquemos ésta, sin más límite a la amplificación, que el que imponga la pérdida de luz regulada por la ley que ya se conoce. He aquí explicada la necesidad de concentrar primitivamente sobre el objeto una gran cantidad de luz y de proyectar la imagen en un recinto completamente obscuro, para que su débil iluminación, sea, por contraste, más fácilmente percibida.

Se puede alcanzar gran amplificación sin ir a buscar demasiado lejos la imagen, interceptando el paso de los rayos al salir del objetivo con la lente A de curvatura invertida con relación a las convergentes, y que por lo tanto separará los rayos en lugar de concentrarlos (lente divergente), y nos producirá el mismo resultado final que si hubiéramos ido a tomarlas más lejos.

En la disposición mecánica más usual de este instrumento, el espejo recibe un movimiento por medio de una cremallera circular y un piñón que se manejan con botones desde el interior de la habitación obscura. El *condensador* se halla fijo en un tubo y el *focus* en otro que enchufa en el anterior, con facultad para moverlo y obtener las variaciones de iluminación necesarias. Los objetos y preparaciones se sujetan entre dos placas de metal taladradas y mantenidas una contra otra por suaves resortes de espiral, y finalmente, el objetivo, se halla montado en otro tubo independiente, pero coincidiendo su eje con el del anterior y dotado de los mismos movimientos rápido y lento que en los microscopios compuestos.

Las conferencias públicas ilustradas con las proyecciones microscópicas, sostienen el interés del auditorio y ofrecen un atractivo especial. Algunos fenómenos, como el de la cristalización de las sales y los movimientos de los pequeños insectos, son hasta más fáciles de presentar utilizando las proyecciones, sobre todo el de la cristalización, porque el calor concentrado al propio tiempo que la luz, favorece la evaporación del líquido y activa la formación de cristales; pero las aberraciones aumentan con estas exageradas amplificaciones; el aumento inicial, la abertura y, por lo tanto, el po-

der de definición de los objetivos empleados suele ser débil, y de ningún modo puede substituir este instrumento al microscopio compuesto en los casos en que sea necesario precisar finos detalles de forma y estructura.

CAPÍTULO VIII

LA MICROFOTOGRAFIA

LOS PRINCIPIOS

Algunos hábiles observadores consiguen obtener dibujos muy exactos de las imágenes que les presenta el objetivo del microscopio. Puédese lograr esto, bien sin más auxilio que el del microscopio, dirigiendo de cuando en cuando una mirada a su campo y copiando en seguida *de memoria* los detalles observados, còmo el artista que copia el modelo que tiene delante — y éste es dificilísimo procedimiento reservado a los grandes maestros — o bien auxiliándose de ciertos aparatos, como la *cámara clara* adaptada al microscopio, proyectar la imagen sobre un papel colocado en la mesa de trabajo, y calcar con un lápiz en este papel los

contornos y detalles que de este modo quedarán fijados.

Las dificultades que el procedimiento ofrece cuando se trata de estructuras un poco complicadas; la suma de paciencia, habilidad y arte que se exigen por parte del operador, y hasta los errores involuntarios en que se puede incurrir al interpretar por el dibujo ciertos detalles, han hecho pensar en las ventajas que tendría la aplicación de los procedimientos fotográficos a la reproducción de las imágenes producidas por el microscopio, y aunque en un principio la *microfotografía* tuvo bastantes detractores, el perfeccionamiento de los procedimientos operatorios ha llegado a imponerla, si no como único procedimiento, como el más general, sencillo y fiel, de representación gráfica de los objetos microscópicos, reservando el dibujo para casos excepcionales.

Los principios del procedimiento son muy fáciles de comprender. La imagen real, proyectada por el objetivo del microscopio, puede impresionar una placa sensible del mismo modo que lo hace la imagen que se proyecta en el fondo de la cámara fotográfica, y adoptando las disposiciones convenientes de instalación, alumbrado, etc., se llegará a la copia fiel de la imagen producida por los mismos rayos de luz, sin los

errores ni dificultades nacidos de la intervención personal.

El microscopio

El mismo instrumento que sirve para hacer las observaciones microscópicas, es inmediatamente utilizable para fotografiar las preparaciones; pero los resultados obtenidos dependerán por mucho de las cualidades de la montura empleada, y entre otras, deben considerarse como indispensables, una gran estabilidad en la platina y en el tubo que han de conservar sin la menor variación la posición en que hubiere convenido colocarlos; un tubo doble de enchufe graduado, para poder separar el ocular del objetivo en ciertos límites; un sistema de iluminación compuesto de espejo, condensador y diafragmas variables, o mejor un *diafragma iris* para regular los efectos de luz, y, finalmente, un perfecto ajuste en los mecanismos de los movimientos rápido y lento, para que éstos se produzcan con precisión, por decirlo así matemática. Esto es lo indispensable; mas para los trabajos de gran delicadeza, el sistema de iluminación debe ser facultativamente descentrable, y la platina ha de tener movimiento de rotación en su plano, para

lograr una iluminación oblicua muy conveniente en ciertos casos.

Según la disposición que se utilice, deberá usarse el microscopio vertical, inclinado u horizontal; pero ateniéndose al método que después de doce años de práctica puedo recomendar como de aplicación sencilla y resultados perfectos (1), el microscopio debe permanecer vertical durante todas las operaciones.

Los objetivos

Los objetivos acromáticos descritos en el capítulo III no realizan el ideal de la superposición completa de los diversos rayos refractados, o sea la compensacón total de las aberraciones propias de cada una de las lentes empleadas en su construcción.

Se sabe (fig. 25) que, a causa de su diversa refrangibilidad, no concurren en un punto de la imagen todos los rayos procedentes de un mismo punto del objeto, y que este grave defecto, así como el debido a la aberración de esfericidad

---

(1) Véanse los artículos del autor sobre «Microfotografía» publicados en el IV tomo de la «Naturaleza», año de 1893.

(fig. 24), es, *para los efectos prácticos,* corregido con el empleo de los buenos objetivos acromáticos.

Pero esta corrección suficiente para engañar a la vista, no es absoluta, y la placa fotográfica, más sensible que la retina a la acción del *espectro secundario,* nos proporcionaría una imagen borrosa y tan deficiente, como la que el mismo objeto nos hubiera dado, observando directamente con un objetivo no acromatizado.

Un remedio a este mal, muy empleado sobre todo, en los primeros tiempos de la microfotografía, consiste en tamizar la luz que ha de iluminar el objeto, no consintiendo más que el paso de rayos de igual refrangibilidad, tales como los azules, que sabémos también son acompañados de la mayor parte de los rayos químicos, encargándolos de impresionar las placas, y claro está que no entrando más que una clase de rayos queda destruída la posibilidad de la formación de diversas imágenes.

En la práctica se consigue esta luz monocromática azul interponiendo entre el espejo del microscopio y el foco de luz una caja de vidrio de caras paralelas, conteniendo una disolución de sulfato de cobre amoniacal. Esto ocasiona una enorme pérdida de la intensidad luminosa inicial, y

obliga a trabajar con poderosos focos, tales como la luz solar o la de arco voltaico.

Desde el año 1886 se encuentran en el comercio los llamados objetivos *apocromáticos,* ideados por el profesor Abbé, y construídos por la casa Zeiss.

Estos objetivos se distinguen de todos los sistemas acromáticos por la realización simultánea de las condiciones relativas a la reunión de los rayos luminosos en un mismo foco. Consiste la primera en la convergencia en un mismo punto del eje de *tres* rayos de color diferente, y por lo tanto en la supresión del espectro secundario existente en los sistemas acromáticos, y la segunda en la corrección de la aberración de esfericidad, para dos rayos de color diferente, mientras que en los acromáticos esta corrección sólo alcanza a un rayo.

Entre las ventajas prácticas, logradas con esta innovación, tenemos que, en los apocromáticos, tres colores coinciden en un mismo punto, y las diferencias de foco para los otros colores quedan tan reducidas, que son prácticamente nulas, y esto, para todas las zonas del objetivo; las imágenes observadas son mucho más perfectas, cualquiera que sea la clase de alumbrado empleado; los colores naturales conservan en la imagen sus

más débiles diferencias de tono; la imagen resulta casi tan neta en los bordes como en el centro, y finalmente, y esto es lo que a nosotros interesa por ahora, la coincidencia de los rayos eficaces en un solo punto, sin espectros secundarios visibles ni invisibles, harán que la imagen reproducida por la placa fotográfica sea tan perfecta y tan neta como la observada directamente, y esto, con el empleo de cualquier luz, monocromática o compuesta.

Los oculares

Pueden hacerse — y son muchos los operadores que así han trabajado — excelentes fotomicrografías con un microscopio provisto de un simple objetivo acromático, empleando la luz monocromática (1); puede lograrse el mismo resultado con la luz blanca y el empleo de los modernos objetivos, llamados *microplanares,* destinados exclusivamente a la proyección y a la microfotografía; pero poseyendo un objetivo apocromático pueden completarse las perfecciones de este sistema, combinán-

(1) Las magníficas reproducciones fotográficas de diatomeas que aparecen en la obra «Die Diatomaceen der Polycystinenkreide von Jeremie in Hayti», de D. Alfredo Truan y el Dr. Otto Witt, fueron obtenidas de este modo.

dolo con un ocular de los llamados compensadores, porque en ellos se ha producido con toda intención un defecto de acromatismo en los bordes, contrario y de igual grado que el que presentan los objetivos en la misma zona. De este modo se compensa el último resto de aberración y las imágenes observadas o proyectadas con la combinación de un objetivo apocromático y estos oculares, conservan su nitidez en toda la extensión del campo, y un mismo objetivo tolera el empleo de una serie muy dilatada de oculares, pudiendo variar la amplificación en límites muy extensos.

Basados en estos mismos principios se construyen unos oculares, llamados de proyección, que tienen algunas ventajas sobre los compensadores; pero para la microfotografía pueden emplearse estos últimos combinados con los objetivos apocromáticos, operando en la forma que más adelante veremos.

La cámara

Complemento indispensable del microscopio es el aparato fotográfico propiamente dicho, y éste se reduce a una caja cúbica de madera de 25 centímetros de lado, sostenida por cuatro patas di-

vergentes para darle más estabilidad (fig. 68). Una de las caras laterales de esta caja está constituída por una puerta, que al abrirse, permite introducir la cabeza en su interior, para el objeto que a su tiempo diremos. En la parte inferior se practica un agujero circular de diámetro un poco mayor

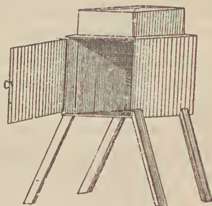


Fig. 68

que el del tubo de microscopio, y en la parte superior, una abertura cuadrangular de 18 centímetros de lado, sobre la que se elevan unas paredillas de 5 centímetros de altura, formando una especie de pretil, en cuyo borde pueden colocarse tablillas o chapas metálicas que tengan en su centro aberturas tan variables como sean las dimensiones de las placas sensibles que hayamos de emplear. Las aberturas de estos marcos o bastido-

res serán un poco menores que las placas que van a soportar, y a distancia de un milímetro de uno de sus ángulos habrá fijas dos reglitas en forma de escuadra que permitirán adaptar la placa sensible sobre la abertura del bastidor, aun operando en una semiobscuridad, pues basta apoyar un ángulo de la placa contra la escuadra para asegurarse, por el tacto, de que aquélla ocupa el lugar conveniente. Finalmene, el brocal o pretil de la parte superior, puede cubrirse con una caja invertida, cuyos bordes descansen en el reborde superior de la caja prismática que hace de cámara obscura.

Este aparato es el ideado por Van Heurck, que desecha todos los costosos y complicados aparatos de fábrica, pero ligeramente modificado por nosotros con la supresión de los *chasis* que debieran ajustarse a la parte superior, que quedan substituídos por los bastidores citados. Esta modificación reune las ventajas de mayor economía, facilidad para el empleo de placas de cualquier dimensión que no exceda las de la abertura de la cámara, y supresión de la posibilidad de las variaciones de foco por mal ajuste de los chasis que pudieran no presentar la placa *exactamente* en el mismo lugar que el vidrio que haya servido para operar el enfocado.

Para adaptar la cámara obscura al microscopio, se empieza por hacer una arandela de cartón que ajuste perfectamente al tubo del microscopio y descanse sobre el reborde que hay debajo del ocular. Después, y estando el microscopo vertical sobre una sólida mesa, se coloca encima la cámara, cuyas patas se habrán calculado de una altura tal que el tubo del microscopio en estas condiciones penetre por el orificio interior de aquélla y sobresalga por el inferior como dos centímetros. Una nueva arandela de cartón colocada por la parte de adentro intercepta los rayos de luz perjudiciales que no hubiera detenido la de afuera, y por último se coloca el ocular, que debía estar separado mientras duraran estas operaciones, pues su reborde superior no permitiría la entrada de las arandelas ajustadas al tubo.

El alumbrado

Todos los focos de luz, desde la del sol hasta la de una lámpara de petróleo, son utilizables y han sido utilizados para la impresión microfotográfica. Si la luz del sol no tuviera los inconvenientes de su inconstancia e irregularidad y de exigir una instalación complicada para mantener fija la di-

rección de los rayos durante todo el tiempo de la exposición, sería indudablemente el foco más adecuado para esta clase de trabajo; pero puesto el micrógrafo en el caso de utilizar un foco de luz artificial, nada encontramos mejor que la sencilla lámpara eléctrica incandescente de 16 a 20 bujías, llevándola forzada, es decir, eligiendo una lámpara de un voltaje un poco inferior (10 voltios menos) al de la tensión de la corriente empleada.

Nada hay como este foco de luz blanca, fija y constante, que puede servir para la observación y trabajo ordinario y seguidamente, sin cambiar nada las cosas, y con sólo practicar unas sencillas maniobras, para la obtención de la fotografía deseada.

Quizás las modernas lámparas de Nerst, y los aun mucho más modernos tubos de luz fría de Moore, consientan obtener más rápidos resultados; pero no hemos tenido ocasión de ensayar estos sistemas, que, por lo demás, pueden emplearse en lugar de la ordinaria lámpara de incandescencia, sin cambiar en nada los demás detalles de la disposición.

Instalación y modo operatorio

Tanto el microscopio como la cámara fotográfica que es su complemento, se hallan colocados en una sólida y amplia mesa, y todo ello en una habitación cualquiera que pueda dejarse completamente a obscuras y bastante espaciosa, pues debe servir a la vez como laboratorio fotográfico.

Puesto el microscopio vertical en las condiciones necesarias para una observación, y frente a éste la lámpara de incandescencia montada en un soporte que nos permita variarla de altura y de distancia, se hacen paralelos los rayos de la lámpara por medio de una lente convergente, y se envían al espejo, y con éste al condensador, disponiendo las cosas de manera que, mirando por el tubo del microscopio, provisto de un objetivo débil y sin ocular, se perciba con toda claridad una viva y pequeña imagen del filamento incandescente.

Así las cosas, se toma la preparación que se desea fotografiar; se sujeta en la platina con los barriletes del microscopio y se enfoca y observa

directamente, pero valiéndose ya para esta última observación del objetivo apocromático y los oculares compensadores.

Una vez obtenido el efecto de iluminación conveniente para hacer resaltar los detalles, se ajusta la cámara en la forma antes indicada. Abriendo la portezuela anterior, adaptado el ocular, e introduciendo la cabeza dentro de la cámara, se corrigen los desarreglos que las anteriores operacones hubiesen podido causar en el enfocado e iluminación del campo. Cerrada la tapa anterior y subiéndose el operador sobre una silla o taburete cualquiera, se pone un vidrio deslustrado en el borde de la abertura superior, y allí veremos pintarse una imagen real y un poco confusa del objeto, pero cuyo tamaño y aspecto general nos da idea de lo que ha de ser la prueba definitiva.

Para la mayoría de los casos, una ampliación de 400 diámetros es suficiente, y ésta se obtiene con el empleo del objetivo apocromático de Zeiss 3-1'30, el ocular núm. 4, del mismo constructor, y las dimensiones asignadas a la cámara obscura; pero si se quieren mayores aumentos, bastará substituir este ocular por otro más fuerte, sin variar absolutamente en nada la disposición y dimensiones del aparato.

Cuando la inspección de la imagen proyectada en el vidrio deslustrado nos deje satisfechos de su aspecto general, se substituye éste por uno de los bastidores o marcos que hemos dicho reemplazan a los *chasis,* y cuya abertura ha de ser tal que la imagen proyectada se presente en su centro dejando una margen suficiente para manipular la placa sin peligro de destruir la parte útilmente impresionada. En este mismo bastidor pueden colocarse por la parte inferior *ocultadores* de abertura circular, elíptica, etc., que aislen el objeto que se desea fotografiar de cualquiera otro que pudiera existir en el campo del instrumento.

En la abertura de este bastidor se coloca un cristal ordinario, pulimentado, en el cual se va a pintar actualmente la imagen como lo hacía antes en el vidrio deslustrado; pero como ahora se trata de un vidrio diáfano, no es visible esta imagen a no valerse de una lente montada en un tubo de cartón de una altura tal que un trazo de tinta hecho en la cara inferior del vidrio diáfano se vea con toda precisión mirando por la lente cuando el borde del tubo esté apoyado en la otra cara del vidrio. De este modo tenemos la seguridad de que la imagen percibida al pasear esta especie de anteojo sobre el vidrio, es la que se pinta en la

cara inferior del mismo, hecho de la mayor importancia, pues el lugar que ahora ocupa esta cara es el que más tarde ha de ocupar la capa sensible de la placa.

Con este anteojo (verdadero microscopio simple de foco fijo) percibiremos los menores detalles de la imagen, ya no obscurecidos y confusos como antes aparecían a causa de las irregularidades de superficie del vidrio deslustrado, y en estas condiciones se maneja el tornillo micrométrico para afinar el enfocado con todo rigor sin dejar de mirar por la lente, operación muy fácil, dadas las dimensiones del aparato. A la vez se regula la iluminación del campo, cambiando la abertura del diafragma, o variando las posiciones de la lámpara o del condensador.

Después de haber obtenido la imagen con todos los detalles que ha de presentar la prueba, se espera unos minutos para dar lugar a que las dilataciones o posiciones forzadas que haya podido tomar el aparato, adquieran estabilidad, se echa una última ojeada sobre el vidrio superior para asegurarse de que nada ha cambiado, y en seguida se procede a substituir este vidrio por la placa sensible a la luz que ha de dar la prueba negativa.

Para esto, hay que recordar que en la habitación en que operamos no debe penetrar luz exte-

rior, y hay que advertir, que el conmutador que manda la corriente a la lámpara de incandescencia ordinaria, es de triple servicio, y puede a voluntad iluminar dicha lámpara blanca, bien otra roja colocada en una mesa inmediata, o ya, en fin, dejar la habitación en la obscuridad. Con esta combinación es imposible iluminar las dos lámparas a la vez, y se consigue con gran facilidad tener luz blanca o roja por un simple juego de conmutador.

Llegado el momento de colocar la placa sensible, se quitan del reborde superior el bastidor, vidrio diáfano y lente que allí habíamos colocado para terminar las operaciones del enfocado, y haciendo jugar el conmutador, se ilumina el laboratorio con luz roja, y se pone en el bastidor que hace de *chasis* una placa o trozo de placa cortada a escuadra y de dimensiones iguales a la del vidrio ordinario que nos sirvió para el enfocado. A fin de no andar titubeando en este momento preciso, y para no tener demasiado tiempo expuestas las placas a la luz roja, conviene tenerlas cortadas, de antemano, de las dimensiones más adecuadas a los objetos que se están fotografiando. Lo más conveniente es tomar placas de 13 × 18 y cortarlas en dos, cuatro y aun ocho porciones iguales por medio de un diamante.

Se coloca el bastidor con la placa ajustada a su escuadra (emulsión hacia abajo) sobre la abertura superior de la cámara; se cubre esta abertura con la tapa o caja invertida, dispuesta para este objeto, y echando sobre todo el aparato un paño negro, por exceso de precaución, se vuelve a jugar el conmutador iluminando con luz blanca.

Desde el momento en que producimos luz blanca empieza a impresionarse la placa sensible, y mientras dura la exposición debe evitarse todo movimiento de las diversas partes del aparato, pues la menor variación de foco o de posición del alumbrado haría fracasar la operación. Debe tenerse en cuenta que en la fotografía microscópica el objeto está iluminado por la parte inferior, y, por lo tanto, lo que aparece en la placa es como una silueta del mismo, proyectada sobre un fondo luminoso, así que, en último término, lo que hacemos es fotografiar el fondo, es decir, la imagen del foco luminoso empleado y el objeto aparece iluminado *por diferencia,* mas no directamente, por ser menos actínico que el fondo. Tal es la razón de exigir una absoluta inmovilidad del foco luminoso, y esta cualidad no la tiene ningún foco artificial tan manifiesta como la lámpara incandescente, siempre que mientras dura la exposición no se produzcan en la habitación bruscos movi-

mientos o trepidaciones que hagan oscilar el filamento.

La cuestión se reduce desde este momento a calcular el tiempo de exposición más conveniente para obtener un buen clisé; pero este problema, de difícil solución para la fotografía ordinaria, no la tiene tampoco muy sencilla para este caso especial. Depende de mil causas, contándose entre las principales, la clase de placas empleadas, la intensidad con que se halla iluminado el campo consecuencia a su vez de la abertura del diafragma, y de la diferencia entre el poder actínico del campo y del objeto microscópico, por todo lo cual sólo la práctica puede consentirnos calcular el tiempo más adecuado, pero en general puede decirse que con placas de mediana rapidez y las condiciones establecidas, el tiempo de exposición oscilará entre 25 a 40 minutos.

Esta larga duración de la exposición se explica por la debilidad del foco primitivo y la gran pérdida ocasionada por el aumento; pero no tiene inconveniente ninguno, y si se han tomado todas las precauciones indicadas, no debe ocurrir en este tiempo ninguna variación de foco ni de alumbrado. Es más: la suavidad del alumbrado permite una gran ductilidad en el tiempo de exposición, y la prueba no será perdida porque se hayan empleado

cinco minutos más o menos de los exactamente convenientes.

Pasado el tiempo calculado para retirar la placa sensible, se vuelve a jugar el conmutador encendiendo la luz roja; se destapa el aparato y se toma la placa, procediendo inmediatamente a ser revelado por los métodos corrientes de la fotografía ordinaria.

Fijado el *clisé,* se enciende la luz blanca, y caso de no estar satisfechos de la prueba, se procede, sin más complicación —puesto que todo está como lo habíamos dejado—, a obtener otra negativa, hasta lograr el resultado deseado.

Rara es la negativa que puede servir inmediatamente para la tirada de positivas. A causa de la debilidad del alumbrado y de la semidiafanidad de los objetos fotografiados que resaltan poco sobre su fondo luminoso, la mayor parte de los clisés exigen un enérgico reforzado para obtener contrastes bien manifiestos. Se puede seguir también para esta operación cualquiera de los métodos expuestos en los tratados de fotografía; pero es casi seguro que empleando como reforzador el bicloruro de mercurio y revelando con el amoníaco, se lograrán buenos resultados.

Cuando los diversos objetos fotografiados hayan de presentarse agrupados en láminas, que es el

caso más general, conviene para el efecto artístico del conjunto, que las diversas pruebas agrupadas en una misma lámina tenga la misma tonalidad. y esto se logra fácilmente haciendo la tirada de positivas en papel gelatinobromuro, que, al revelado, no da más que tonos blancos y negros sin la diversidad de tintas de los papeles que exigen viraje. Recortadas las positivas parciales, se obtienen luego reproducciones del conjunto que sirven para ilustrar sin grandes trabajos ni gastos las obras consagradas al estudio de los seres microscópicos.

Tal es el procedimiento que hemos seguido para obtener la lámina que, muy reducida, aparece en la figura 69; una de las diez de un estudio sobre las diatomeas fósiles de Morón.

Como última expresión de los grandes beneficios que pueden alcanzarse con la fotografía aplicada a las investigaciones micrográficas, diremos que un buen clisé, o su positiva, puede presentar detalles de estructura del objeto que la observación directa, con el más perfecto objetivo, no hubiera consentido descubrir. Se comprende la posibilidad de este hecho si se tiene en cuenta que la imagen *visible* está formada por los rayos rojo al violeta, mientras que la placa es *sensible* a la mayoría de estos rayos y además a los ultra-

violados que los objetivos apocromáticos superponen con aquéllos, y que pueden provocar la aparición de detalles para los cuales el ojo, en este caso menos perfecto que la placa fotográfica, permanecía absolutamente ciego.

FIN

ÍNDICE DE LAS MATERIAS

Págs.

CAPÍTULO PRIMERO

Nociones de óptica

El laboratorio 7
El material 8
Propagación de la luz 8
Reflexión de la luz.—Ley de la reflexión.—Difusión 9
Refracción de la luz.—Ley de la refracción.—Indice de refracción 14
La dispersión.—Refracción en los medios de caras planas y paralelas.—Refracción en los prismas.—Dispersión.—Ondas luminosas.—Espectros químico, luminoso y calorífico 19
Las lentes.—Formación de focos e imágenes. 27

CAPÍTULO II

El microscopio simple

Teoría óptica.—La lente de aumento.—Amplificación.—Aberración de esfericidad.—Aberración de refrangibilidad.—Sistemas acromáticos 34

Págs.

Disposiciones mecánicas.—Lentes de mano. —Lentes con pie.—Microscopio simple. —Microscopio de disección 46

CAPÍTULO III

El microscopio compuesto

Teoría óptica.—Amplificación.—El objetivo. —El ocular 52

Disposiciones mecánicas.—La iluminación . 60

CAPÍTULO IV

De las observaciones

Manejo del microscopio —Elección de instrumento.—Cualidades del objetivo.—La instalación.—El alumbrado.—La micrometría.—Conservación del microscopio. —La higiene del micrógrafo.—Las causas de error. 66

PREPARACIONES PROVISIONALES

Los utensilios.—Porta y cubreobjetos — Agujas, escalpelos, etc.—Navajas.—Micrótomos.—Práctica de los cortes. . . 74

Los reactivos.— Reactivos indiferentes.— Reactivos disolventes.—Reactivos alterantes. — Reactivos endurecedores. — Reactivos colorantes 81

PRÁCTICA DE UNA OBSERVACIÓN SENCILLA

Examen de una gota de agua 86

Págs.

CAPÍTULO V

Técnica de las preparaciones permanentes

Los utensilios.—El tornito 90
Los productos — Cementos. – Barnices de oclusión.—Medios de inclusión. 92
Montaje de los objetos.—Confección de las celdillas.—Montaje en la jalea de gelatina.—Montaje en los bálsamos.—Montaje en los líquidos.—Montaje en seco. . . 97
De las coloraciones 104
Prácticas de las preparaciones en los casos más sencillos 105
Acabado y conservación de las preparaciones 108

CAPÍTULO VI

Aplicaciones del microscopio

EL MUNDO MINERAL

La cristalización 109

EL MUNDO VEGETAL

La célula.—Los vasos.—Las fibras.—Contenido de las células 111
Los tejidos y los órganos 118
Las criptógamas microscópicas.—Los hongos.—Las algas.—Las diatomeas. . . 120

EL MUNDO ANIMAL

La célula animal y los organismos inferiores. 134
Humores, tejidos y órganos. 141

Págs.

El microscopio en la Clínica, en la Higiene y en la Industria 143

CAPÍTULO VII

El microscopio de proyección 149

CAPÍTULO VIII

La microfotografía

Los principios 156
El microscopio 158
Los objetivos 159
Los oculares 162
La cámara 163
El alumbrado 166
Instalación y modo operatorio 168

VOCABULARIO

APÉNDICE AL VOLUMEN LXIV

de la colección

MANUALES - GALLACH

EL MICROSCOPIO

por

ERNESTO CABALLERO

Definición sintética de las palabras o voces técnicas contenidas en dicho tomo





Imp. Modesto Berdós, Molas, 31 y 33. — Barcelona

VOCABULARIO

de las palabras técnicas contenidas en este tomo

Aberración. — Hecho por el cual los sistemas ópticos no dan imágenes perfectamente claras ni semejantes del todo a los objetos que las producen.

Acromatismo. — Destrucción de las coloraciones que acompañan a la imagen producida por un prisma o por una lente.

Actínico. — Se dice de los rayos solares que ejercen alguna acción química en diversas substancias.

Aleurona. — Materia nitrogenada muy abundante en los granos de las fanerógamas, y sobre todo en los granos oleaginosos.

Alga – Clase de plantas criptógamas, que viven en el fondo o en la superficie de las aguas dulces y saladas.

Amaeba princeps. — Nombre científico de un género de *amebas*.

Ameba, Amiba o Amibo. — Nombre de ciertos seres microscópicos que se encuentran en el límite de los reinos animal y vegetal.

Amorfo. — En mineralogía se dice de los cuerpos que no cristalizan, es decir,

que no presentan formas cristalinas.

Anfractuosidad.— Depresión sinuosa, especie de irregularidad física que separa las circunvoluciones del cerebro.

Anilina. — Líquido de olor particular, incoloro o ligeramente pardo. Funde a—8°, hierve a 183° sin descomponerse. Poco soluble en el agua. Es un compuesto orgánico de la serie aromática, llamado también *fenilamina*, y *amidobenzol*.

Animálculo. — Animal pequeñísimo. Suele decirse en especial de los animales visibles solamente con el microscopio.

Apocromático.—Se dice de los objetivos que tienen un campo muy extenso y gran profundidad de foco; pero que dan imágenes sin brillo, debido al gran número de superficies reflectoras que presentan.

Ascidia. — Desarrollo particular de una hoja, cuyo extremo toma la forma de un vaso provisto a veces de una especie de covertera, y cuya abertura puede estar arriba o abajo.

Azafranina. — Nombre con que se distingue el principio colorante del azafrán.

Bacillus o **bacilos.** — Género de algas microscópicas y unicelulares, compuestas de bastoncitos filiformes más o menos claramente articulados. Pertenecen a las bacteriáceas.

Bacteria. — Organismos microscópicos y unicelulares, en forma de cilindritos, ordinariamente rectos. Se desarrollan por división y por células germinativas.

Bacteriáceas. — Familia de la clase de las algas, cuyos caracteres morfológicos son: desigualdad de los dos diámetros; semejanza de la base y la cúspide: plano de división en una sola dirección.

Bacteriólogo. — Persona que se dedica a la bacteriología, o sea, al estudio de las bacterias. El instrumento fundamental de la bacteriología es el *microscopio*.

Benzol.—Producto que resulta de la mezcla de cierta cantidad de bencina y de tolueno, y se emplea en la fabricación de la anilina.

Bermellón.--Nombre de un mineral que resulta de la combinación natural del azufre con el mercurio. También se llama bermellón el color de este mineral.

Bivalvo —Se dice de las conchas compuestas de dos valvas.

Black rot. — Palabras inglesas que significan *podredumbre negra*. Enfermedad de las viñas, debida a un hongo que se manifiesta por unas manchas negras redondas, que atacan primero a las hojas y después a los granos.

Bórax. — Borato sódico hidratado, incoloro y a veces gris o verdoso. Se emplea en el tratamiento de algunas enfermedades de la boca; en metalurgia como fundente; como soldadura de los metales oxidables; en la fabricación de algunos vidrios, etc.

Célula. — Nombre dado al elemento fundamental de los seres vivos.

Cemento. — Nombre de las substancias que sirven para hacer la celdilla o filete circular abultado, en el centro del porta, que ha de contener en su cavidad el objeto que se quiera observar al microscopio.

Cisticerco.—Género de gusanos que se encuentran principalmente en los intestinos del hombre y de varios mamíferos.

Clínico. — Abjetivo con el que se expresa lo que se refiere a la cama de un enfermo: lo que se estudia cerca de la cama de los enfermos en el sujeto mismo, y no en los libros y por la teoría.

Clorofila. — Materia colorante verde de los vegetales y especialmente de las hojas.

Criptógamas. — Clase de plantas cuyos órganos de reproducción están ocultos o son poco aparentes. Plantas que no tienen flores.

Cristal. — Cuerpo que, por el simple efecto de las afinidades químicas, afecta formas geométricas regulares. En la naturaleza se encuentran muchos cristales; más también pueden producirse artificialmeute por diversos métodos.

Cristalización. — Fenómeno que se produce cuando las moléculas de un cuerpo se reunen en un orden regular, para formar sólidos que afectan formas geométricas.

Crown.—Palabra inglesa que en óptica se dice por abreviación en lugar de *crown-glass*, vidrio blanco que se hace con silicatos de cal y de potasa, mezclados con alúmina y óxidos de hierro y de manganeso. Se emplea para construir lentes y también prismas acromáticos.

Cubreobjetos. — Laminita de vidrio, fina y trans-

parente, sumamente delgada, que sirve para cubrir los objetos que se observan con el microscopio, con el fin de que el liquido en que se halla el objeto se extienda bien y no se evapore. Se les designa abreviadamente con la palabra *cubre*.

Cysticercus cellulosae.— Especie de cisticercos que se encuentra algunas veces en los cerdos.

Chasis. — Sinónimo de bastidor.

Decantación — Operación mediante la cual, después de haber dejado reposar un liquido se echa en otra vasija con sumo cuidado para que no arrastre consigo el poso.

Deshidratado.—Se dice de las substancias quimicas que han sido despojadas del agua que contienen.

Desiderátum.—Voz latina con la que se expresa un objeto o propósito que se desea ardientemente alcanzar.

Detritus.—Residuo, restos, montón de despojos

Diafragma. — Especie de pantalla provista de un orificio circular que deja pasar solamente los rayos luminosos útiles.

Diagnóstico.--Acto médico por el cual se reconoce la naturaleza de una enfermedad, distinguiéndola de las que tienen con ella ciertas semejanzas.

Diatomea.—Familia de algas que forman sobre las plantas acuáticas una capa rojiza que se vuelve verde por desecación.

Diatomófilo. — Aficionado al estudio de las diatomeas.

Difusión. — Las ondas luminosas que caen sobre una superficie no pulimentada, se reflejan en todas las direcciones. La luz reflejada de esta manera, se llama luz *difusa*, y el fenómeno recibe el nombre de *difusión*.

Discoide.—Se dice de lo que tiene la forma de disco.

Dislacerar. — Desgarrar, despedazar los cartilagos de personas o animales

Dispersión. — Separación de la luz blanca en rayos de diversos colores.

Distancia de la visión distinta.—Es la distancia, que en las vistas normales suele ser de 15 a 20 centimetros, y a la cual se ven los objetos con mayor claridad: En los miopes disminuye esta distancia, en los presbites o de vista cansada aumenta.

Emergente. — Se dice del rayo luminoso que sale de un medio transparente después de haberlo atravesado.

Empireo. — Se dice del cielo, donde Dios ostenta su gloria. Regiones empíreas equivale a regiones celestiales.

Endocromo. — Nombre dado por algunos botánicos al contenido plásmico y colorado de las células y particularme de las algas.

Equinodermos.—Clase de animales con dermoesqueleto (esqueleto exterior) calizo y erizado de púas. Todas las especies son marinas.

Expectro luminoso. — Imagen de un foco luminoso, que se produce al atravesar la luz un medio transparente formado por caras no paralelas, y que está compuesta de varios colores elementales.

Espora. — Corpúsculo reproductor de todas las plantas criptógamas.

Estomatos.—Aberturas existentes en las superficies herbáceas vista solamente al microscopio, por las cuales penetra el aire necesario para la respiración.

Fanerógamas. — Plantas que poseen órganos de reproducción aparentes.

Fécula. — Substancia pulverulenta, harinosa, generalmente blanca, insoluble en el agua fria; pero se disuelve en apariencia en agua caliente. Las féculas son muy nutritivas, y especialmente las delos tubérculos; la fécula de patata es la mejor.

Fermentación. — Trabajo que se opera en una substancia órganica, a consecuencia del cual, las partes que la componen se combinan en proporciones diferentes de las que tenian antes.

Flint.— Abreviación de *flintglass*, vidrio a base de plomo, dotado de poder dispersivo y refringente más considerables que el vidrio ordinario. Se emplea en la fabricación de instrumentos de óptica.

Forma larvasia. — Significa en forma de *larva*, insecto después de salir del huevo y antes de su primera transformación, con el cuerpo compuesto de varios anillos, blando, prolongado y cilíndrico, de uno u otro color y con pelos más o menos largos.

Fósil.—Se aplica a las substancias de origen orgánico, más o menos petrificadas, que por causas natura-

les se encuentran en las capas terrestres.

Fucsina.—Materia colorante sólida, que se emplea para teñir la seda y la lana de rojo obscuro y resulta de la acción del ácido arsénico u otras substancias sobre la anilina. Se ha usado para la conservación de los vinos, y no es nociva sino cuando conserva algún residuo de ácido arsénico.

Haz. — *Haz luminoso*, conjunto de rayos de luz que siguen la misma dirección.

Hematies. — Nombre dado a los glóbulos rojos de la sangre.

Herbívoro.—Dícese de todo animal que se alimenta de vejetales y especialmente del que pace hierbas.

Hermético.—Se dice de lo que cierra una abertura de modo que no permita pasar el aire ni otra materia gaseosa.

Histología. — Parte de la anatomía que trata del estudio de los tejidos orgánicos.

Histológico.— Perteneciente o relativo a la histología.

Holoturios.— Clase de equinodermos (v. esta palabra) radiarios que tienen tentáculos en la piel y se encuentran en todos los mares. Su tamaño es a veces considerable, y algunas especies de los mares de China son comestibles.

Incidencia. — Caída de un rayo de luz sobre un cuerpo, un plano, una linea o un punto.

Indice de refracción. —Relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción. Para dos medios fijos de distinta refrangibilidad: el aire y el agua, por ejemplo, el indice de refracción es constante, cualquiera que sea la inclinación del rayo incidente.

Infrarrojo. — Parte del espectro solar que aparece debajo del color rojo, y que se manifiesta por cierta elevación de temperatura.

Infusorios.—Animálculos imperceptibles a simple vista que viven en los liquidos.

Invaginado.—De invaginarse, o sea, introducción anormal de una porción de intestino en otra que le precede o le sigue.

Leucocitos. — Glóbulos blancos de la sangre.

Levadura.— Porción de masa fermentada que se mezcla con otra para hacer-

la fermentar. Cualquiera substancia que provoca la fermentación.

Levigación. — Acción y efecto de levigar, esto es, desleir en agua una materia en polvo para separar la parte más tenue de la más gruesa, que se deposita en el fondo de la vasija.

Luz polarizada.— Luz que reflejada o refractada, no se refleja ni se refracta ya en ciertas condiciones.

Marginal.— Lo perteneciente al margen o que está al margen.

Mejillón. — Molusco acéfalo (sin cabeza) con dos valvas simétricas, convexas, casi triangulares, de color negro azulado por fuera, algo anacarados por dentro y de unos cuatro centímetros de longitud. Vive asido, por medio de unos filamentos sedosos muy resistentes, a las piedras que alternativamente cubre y descubre el mar, y es comestible.

Metileno. —Carburo de hidrógeno que los químicos no han podido aislar hasta ahora y es radical hipotético de varios compuestos orgánicos.

Microbio. — Vegetal criptógamo y microscópico que nace, se multiplica y mueve con suma rapidez en el aire, el agua y toda clase de organismos, y viviendo en las substancias que lo rodean, las transforma y descompone. Existen muchas especies y se tienen por causa de diversas enfermedades y fermentaciones.

Microcosmo. — Mundo pequeño. Nombre con que se distingue al hombre, que en sentir de ciertos filósofos, es espejo fiel y resumen completo del Universo, al cual se le llama *macrocosmos*.

Microfotografía. —Fotografía de objetos microscópicos.

Micrografía.—Descripción de objetos vistos con el microscopio.

Micrometría.— Medida de objetos microscópicos.

Micrómetro objetivo. —Plaquita de vidrio en la cual, por procedimientos fotográficos, se ha impreso la imagen de un metro dividido en centímetros, pero tomada a conveniente distancia para que en la plaquita resulte la imagen mil veces más pequeña, y así el metro, vendrá a tomar en la fotografía la magnitud de un milímetro dividido en cien partes; sirve para medir el tamaño de objetos microscópicos.

Microplanar.--Objetivo destinado a obtener fotomicrografías y a la proyección de imágenes ampliadas de los objetos microscópicos.

Microscopio. — Instrumento óptico destinado a observar de cerca objetos extremadamente diminutos. La combinación de sus lentes produce el efecto de que lo que se mira aparezca con dimensiones extraordinariamente aumentadas haciéndose perceptible lo que no lo es a simple vista.

Micrótomo. — Instrumento que sirve para cortar los objetos que han de observarse al microscopio.

Mildiu. — Enfermedad parasitaria producida por un hongo microscópico que arraiga en el interior de la hoja de la vid y en las demás partes verdes de la planta y del fruto.

Miscible. — Lo que es susceptible de mezclarse con otra cosa.

Modus operandi.—Palabras latinas que significan: manera de obrar.

Moho. — Hongo microscópico que forma capas en la superficie de los cuerpos orgánicos y produce su descomposición.

Molusco. — Animal invertebrado, de cuerpo blando, desnudo en unas especies y protegido en otras por una concha o capa más o menos dura, como la limaza, el caracol, el pulpo y la ostra.

Monocelular.—Se dice del vegetal o animal que están constituidos por una sola célula.

Monocromático. — De un solo color.

Moscas volantes.— Se llama así a las impurezas del cristalino del ojo, cuya sombra proyectada sobre la retina, enturbia las imágenes que se forman en ella.

Movimiento amiboideo.—Movimiento del protoplasma que pueden observarse en diversas células animales o vegetales, cuando están aisladas y libres en el interior de un líquido.

Movimiento browniano.--Especie de rápida oscilación que presentan los corpúsculos suspendidos en un líquido y que pueden observarse bien en el carmín desleído en agua.

Navicula. — Alga microscópica en forma de navecilla, muy abundante en las aguas dulces y saladas.

Normal.—Nombre de la perpendicular trazada a un plano tangente a la esfera en el punto de contacto.

Objetivo. Lente colocada en los microscopios y otros aparatos de óptica en la parte dirigida hacia los objetos.

Oclusión. — Acción de cerrar un orificio de modo que no pueda abrirse naturalmente.

Ocular. —Lente que los micriscopios y otros aparatos de óptica tienen en la parte por donde se mira o aplica el ojo el observador.

Oidium. — *Oídio*, nombre de ciertos hongos parásitos que, formando filamentos blanquecinos y polvorientos, suelen desarrollarse en los sarmientos, hojas y frutos de la vid.

Oleoso.—Que tiene jugo o crasitud semejante al aceite.

Optica.—Parte de la Física, que estudia los fenómenos de la luz.

Parásito. —Se dice del animal o vegetal que se alimenta y crece con el jugo o substancia de otro al cual vive asido.

Patológico. — Perteneciente a la *patología*, ciencia que tiene por objeto el estudio de las enfermedades.

Picrocarmin. — Reactivo compuesto de la manera siguiente: Se disuelven 2 gramos de carmin en 4 de amoniaco; al cabo de veinticuatro horas se añaden 200 gramos de disolución concentrada de ácido picrico y unas gotas de ácido acético; después de otras 24 horas, se filtra y añade amoníaco hasta que se ponga claro. Por cada gramo de esta disolución se añaden 99 de agua.

Pipeta --Tubo que tiene por objeto medir una cantidad fija de liquido.

Pita.--Planta oriunda de Méjico, con hojas radicales, carnosas, con espinas en el margen y en la punta, color verde claro, de quince a veinte centimetros de anchura en la base y de doce a catorce decimetros de largura.

Poder de definición. — Disposición del objetivo para dar imágenes de contornos netos, bien definidas, presentando claramente todos sus detalles, tanto en los bordes como en el centro.

Poder de dispersión. —Disposición del objetivo para que disperse convenientemente los rayos luminosos.

Polen. — Polvillo fecundante contenido en la antera de las flores.

Portaobjetos. — Lámina de cristal o de vidrio delgado, de buena calidad, que sirve para sostener los objetos que han de observarse al microscopio. Abreviadamente se le llama *porta*.

Prisma óptico.—Medio transparente, de densidad distinta del que le rodea, terminado por dos caras que forman ángulo, cortadas por una tercera, en el sentido de la intersección común de aquéllas, indispensable para cerrar lateralmente el espacio. Como tratándose de objetos materiales, aquellas caras no pueden ser indefinidas, otras dos cortan a las otras tres, formando en conjunto un prisma geométrico triangular. Pero físicamente considerado este prisma, solamente son eficaces las dos primeras caras mencionadas.

Protoplasma. — Substancia albuminóidea que constituye la parte esencialmente activa y viva de la célula.

Pseudópodo. — Dícese del animal que tiene prolongaciones en forma de pie.

Querubes o **querubines**.—Espíritus celestiales caracterizados por la plenitud de ciencia con que ven y contemplan la belleza divina.

Quiste.—Vejiga o saco, por lo común membranoso, que se desarrolla anormalmente en diferentes regiones del cueroo y que contiene humores o materias alteradas.

Rayo. — Línea de luz que proviene de un punto luminoso cualquiera

Rayo emergente.—Rayo que sale de un cuerpo transparente después de haberlo atravesado.

Rayo incidente.--Rayo que cae sobre la superficie de un espejo, de un cuerpo transparente o de un cuerpo cualquiera.

Rayo reflejado.—Rayo luminoso que después de chocar con una superficie opaca, retrocede con arreglo a las leyes de la reflexión.

Rayo refractado.—Rayo luminoso que penetra en un cuerpo transparente desviándose de la dirección que llevaba al caer sobre la superficie de separación de aquel cuerpo con el ambiente o con otro medio también transparente.

Reactivo.— Todo cuerpo que los químicos em-

plean para reconocer otros, por las combinaciones que aquél provoca en ellos.

Reactivos alterantes. —Reactivos que obran atacando químicamente a las substancias que disuelven.

Reactivos colorantes. —Los que producen en los cuerpos que se quieren reconocer, una coloración especial, independiente de la suya propia.

Reactivos disolventes.— Reactivos que obran físicamente, disolviendo los cuerpos que se quieren examinar, pero sin combinarse con ellos.

Reactivos endurecedores. — Se usan en los experimentos microscópicos para endurecer los tejidos demasiado flojos, que sin esta operación no podrían ser divididos en cortes delgados.

Reactivos indiferentes.—Liquidos en los que se suspende el objeto que se ha de examinar al microscopio, y que no reaccionan, el fin de estos líquidos es evitar que otros elementos microscópicos se adhieran al que queremos examinar, hacer a éste más permeable a luz y extenderlo con más regularidad sobre el porta.

Reflexión.—Cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso cuando choca con un cuerpo opaco.

Refracción. — Cambio de dirección que experiment un rayo luminoso cuando penetra oblicuamente en un medio transparente de distinta densidad.

Refrangible.--Que puede refractarse y se dice de los rayos luminosos susceptibles de cambiar de dirección al pasar de un medio a otro de distinta densidad.

Refringente.--Que pueden refractar, y se dice de los medios transparentes que pueden desviar los rayos luminosos que penetran en ellos,

Rotiferos.—Seres diminutos que tienen la propiedad de resistir una desecación obsoluta hasta convertirse en verdaderas momias y persistir en tal estado de masas inertes durante mucho tiempo, sin perder sus facultades de reabsorber el agua cuando se les pone en contacto de este líquido, y renacer a la vida activa.

Sarcodo.— Sinónimo de protoplasma.

Sedimento.— Materia que habiendo estado en suspensión en un liquido, se

precipita al fondo por su gravedad.

Sepia.--Materia colorante que se saca de la jibia y se emplea en la pintura a la acuarela.

Serafines. — Espiritus bienaventurados que se caracterizan por el incesante y perenne ardor con que aman las cosas divinas, y por el intenso y fervoroso movimiento con que alaban a Dios, como a su último término, los espiritus inferiores.

Silíceo.—Lo que contiene sílice o es semejante a ello.

Sistemático.—Que procede por principios y es invariable en su tenor de vida o en sus escritos, opiniones, etc.

Suero artificial. — Liquido untuoso, de color amarillo claro y algo opalino que se obtiene disolviendo en 135 gramos de agua, 15 de albúmina y 0'20 de cloruro sódico. Se emplea para el estudio de los elementos anatómicos vivos sobre los cuales no ejerce acción sensible. Es, pues, un reactivo indiferente.

Tarantela. - Baile napolitano demovimientomuy vivo, en compás de seis por ocho, que se ha tenido como remedio para curar a los picados por la tarántula.

Tejido epitélico pavimentoso.—Es un tejido sin substancia amorfa intercelular, que se obtiene rascando con un escalpelo ligeramente inclinado una parte del brazo que no esté sometido a los lavados cotidianos.

Tenia. — Parásito intestinal, casi siempre solitario, blanquecino, con cabeza pequeña, cuello muy delgado y cuerpo formado de anillos aplastados, de seis a ocho milimetros de anchura, que se desprenden y se reproducen con facilidad y llegan a tener entre todos una longitud considerable.

Tentáculo.-- Cualquiera de los apéndices móviles y blandos que tienen muchos moluscos y que les sirven para tocar. y para hacer presa.

Tornillo micrométrico.--Tornillo de acero, cuyo paso es muy pequeño, la cabeza ancha y dividida en gran número de partes, lo que permite apreciar fácilmentela cantidad que la cabeza ha girado, y por consiguiente, la cantidad que ha avanzado el tornillo, por pequeña que ésta sea.

Tornito.—Platillo circu_

lar, muy pesado, sustentado por un eje vertical y obligado a girar alrededor de un centro cuando se le imprime un impulso con el dedo. En este platillo se colocan los portaobjetos bien centrados para las observaciones microscópicas.

Tonrista o **turista**.—El que hace viajes recreativos.

Triquinosis.--Enfermedad ocasionada por la presencia de triquina en el organismo.

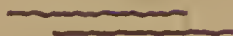
Ultraviolado.—Región del espectro solar, más allá del color violado y que se caracteriza por ciertos efectos químicos

Valva.—Cada una de las dos piezas duras que encierran y protegen el cuerpo de los moluscos acéfalos.

Vesicula. — Vejiguilla formada en la epidermis, que generalmente está llena de líquido sesoso.

Viscoso.—Pegajoso.

Vorticella.—Género de infusorios microscópicos, cuyas especies viven en las aguas, donde se agitan sin cesar, por medio de filamentos vibrátiles.





COMPAÑÍA ANÓNIMA DE LIBRERÍA, PUBLICACIONES Y EDICIONES





COMPAÑÍA ANÓNIMA DE
LIBRERÍA, PUBLICA-
CIONES Y EDI-
CIONES



L MICROSCOPIO

64